

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 8 月 28 日 (28.08.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/071359 A1

(51) 国際特許分類⁷: G03G 15/00, 15/04, 15/06

特願2002-159006 2002 年 5 月 31 日 (31.05.2002) JP
特願2002-219723 2002 年 7 月 29 日 (29.07.2002) JP

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/01742

(22) 国際出願日: 2003 年 2 月 18 日 (18.02.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-43542 2002 年 2 月 20 日 (20.02.2002) JP
特願2002-77971 2002 年 3 月 20 日 (20.03.2002) JP
特願2002-155075 2002 年 5 月 29 日 (29.05.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒163-0811 東京都 新宿区 西新宿 2 丁目 4 番 1 号 Tokyo (JP).

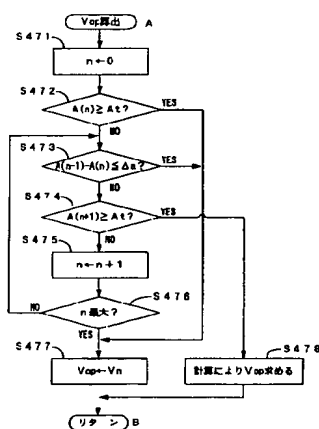
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 志村 英次 (SHIMURA, Hidetsugu) [JP/JP]; 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 濱 高志 (HAMA, Takashi) [JP/JP]; 〒392-8502 長野県 諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 中島 好啓

[続葉有]

(54) Title: IMAGE FORMATION APPARATUS AND IMAGE FORMATION METHOD

(54) 発明の名称: 画像形成装置および画像形成方法



A... Vap CALCULATION
S478... n MAXIMUM?
S479... CALCULATE Vap
B... RETURN

(57) Abstract: In a concentration control technique for detecting concentration of a toner image formed as a patch image and controlling the concentration according to the detection result, the detection error is reduced and the concentration control factor is appropriately set. The concentration control factor is optimized according to a concentration change ratio of the patch image with respect to the change of the concentration control factor. Moreover, the patch image concentration detection result is corrected according to information on an image carrier before the patch image is formed.

(57) 要約:

パッチ画像として形成したトナー像の濃度を検出し、その検出結果に基づき濃度制御を行う濃度制御技術において、検出誤差を低減し、濃度制御因子を適切に設定する。濃度制御因子の変化に対するパッチ画像の濃度変化率に基づいて濃度制御因子を最適化する。また、パッチ画像を形成する前の像担持体に関する情報に基づき、パッチ画像についての濃度検出結果を補正する。



(NAKASHIMA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒392-8502 長野県諏訪市 大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 振角 正一, 外(FURIKADO, Shoichi et al.); 〒530-0047 大阪府 大阪市 北区西天満 5 丁目 1 番 1 9 号 高木ビル 4 階 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

画像形成装置および画像形成方法

技術分野

この発明は、プリンタ、複写機およびファクシミリ装置などの電子写真方式の画像形成装置において画像濃度を安定化させる技術に関するものである。

背景技術

電子写真技術を応用した複写機、プリンタ、ファクシミリ装置などの画像形成装置では、装置の個体差、経時変化や、温湿度など装置の周囲環境の変化に起因してトナー像の画像濃度が異なることがある。そこで、従来より、画像濃度の安定化を図るための種々の技術が提案されている。このような技術としては、例えば像担持体上にテスト用の小画像（パッチ画像）を形成し、そのパッチ画像の濃度に基づいて、画像の濃度に影響を与える濃度制御因子を最適化する技術がある。この技術は、濃度制御因子を種々に変更設定しながら像担持体上に所定のトナー像を形成するとともに、像担持体上のトナー像、もしくは該トナー像を中間転写媒体などの他の転写媒体に転写してなるトナー像をパッチ画像としてその画像濃度を検出し、そのパッチ画像濃度が予め設定された目標濃度と一致するように濃度制御因子を調節することで、所望の画像濃度を得ようとするものである。

パッチ画像濃度を測定する技術（以下、「パッチセンシング技術」という）としては種々のものが従来より提案されているが、光学的手段によるものが最も一般的である。すなわち、パッチ画像を形成された像担持体もしくは転写媒体の表面領域に光を照射するとともに、該表面領域から反射または透過する光を光センサにより受光し、その光量に基づいてパッチ画像濃度を求めている。

パッチ画像濃度に基づいて濃度制御因子を調節する画像形成装置では、濃度制御因子を適正に設定して良好な画質のトナー像を得るためには、形成したパッチ画像の濃度を如何に精度よく検出するかが重要な問題となる。しかしながら、上記した従来のパッチセンシング技術では、形成された画像の濃度が直接的に測定

2

されるのではなく、パッチ画像として像担持体もしくは転写媒体の表面に一時的に担持されているトナー像から出射される光量を検出し、その検出結果から間接的に画像濃度を見積もっているに過ぎないため、センサ出力が必ずしも最終的な画像濃度を正しく反映しているとは言えない場合がある。また、センサの特性ばらつきや検出誤差によってセンサ出力と最終的な画像濃度との間に齟齬を生じることもある。

また、上記のように感光体や転写媒体などの像担持体上に形成されるトナー画像の画像濃度を濃度センサによって測定する場合、その測定結果は単に像担持体に付着されるトナー量のみで決定されるのではなく、像担持体の表面状態、例えば反射率や表面粗さ等に応じて測定結果が変動することがある。例えば、画像形成装置の累積印字枚数の増大に伴って像担持体の表面色が変化すると、トナー付着量が同一であったとしても表面色の変化に応じて濃度センサからの出力が変動してしまい、正確な濃度測定が困難となる。また、像担持体の表面状態が不均一となっている場合には表面状態による影響を無視することができなくなる。

このようにセンサ出力が最終的な画像濃度を正しく反映していないと、このセンサ出力から誤って見積もられた画像濃度に基づいて濃度制御因子が調節されることとなる。その結果、濃度制御因子はその最適値から外れた状態に設定されてしまう。特に、例えばベタ画像を形成したときのように比較的高密度にトナーが付着した状態では、トナー付着量の増減に対して最終的な画像濃度の変化は小さいため、センサ出力のわずかなズレであってもそれにより設定される濃度制御因子の値は大きく変化してしまい、その結果、濃度制御因子がその最適値とは大きく異なる状態に設定されて、画像品質が損なわれるほか、下記のような不具合を生じることがあった。

例えば、ベタ画像などの高濃度画像において、センサ出力から求まる画像濃度が実際の画像濃度より低く見積もられた場合、装置はさらに画像濃度を上昇させるべく濃度制御因子を調節することとなる。その結果、トナー付着量が過剰となって転写・定着不良を起こしたり、トナーの消費量が異常に多くなってしまうことがある。また、必要以上にトナー付着量が高くなる条件の下で画像形成を繰り返すことにより、先の画像形成の履歴が後に形成する画像に影響を及ぼしたり、

さらには装置の寿命を著しく縮めてしまうことがある。

さらに、形成されるパッチ画像の画像濃度は様々な要因の組み合わせによって決まるものであるから、その画像濃度に基づいて、画像濃度に影響を与える複数の濃度制御因子を個別に最適化するためには複雑な処理が必要となる。そのため、従来の濃度制御技術では、このような複雑な行わせることによって装置コストの上昇を招いたり、処理に長時間がかかって画像形成のスループットが低下するなどの問題があった。そこで、より簡易な方法で、しかも確実に濃度制御因子を最適化することのできる技術の確立が望まれている。

この発明の第1の目的は、センサの特性ばらつき等によるパッチ画像濃度の検出誤差に影響されることなく濃度制御因子を適切な状態に設定することのできる画像形成装置および画像形成方法を提供することである。

また、この発明の第2の目的は、トナー像の画像濃度に基づき濃度制御因子を適切な状態に設定し、画質の良好なトナー像を安定して形成することのできる画像形成装置および画像形成方法を提供することである。

さらに、この発明の第3の目的は、非接触現像方式の画像形成装置に好適な濃度制御技術を提供することである。

発明の開示

第1の目的を達成するために、この発明は、画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することにより画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像を形成するとともに、濃度検出手段による各パッチ画像のトナー濃度の検出結果と、濃度制御因子に対する検出結果の変化率とに基づき濃度制御因子を最適化する。

このように構成された発明では、濃度検出手段により検出された各パッチ画像の絶対的なトナー濃度だけではなく、その濃度制御因子に対する変化率も加味して濃度制御因子を最適化するようにしている。そのため、各パッチ画像について検出されたトナー濃度が検出誤差により実際とは異なっていたとしても、濃度制御因子をその最適値から大きく異なる状態に設定してしまうことは未然に防止されている。その理由は以下の通りである。

濃度検出手段により検出された各バッチ画像のトナー濃度には、前述したように、センサの特性ばらつき等に起因する検出誤差が含まれている可能性がある。そのため、検出されたバッチ画像のトナー濃度のみに基づいて濃度制御因子を調節すると、この検出誤差のために最適値から外れた状態に設定されてしまうことがある。このような検出誤差は一般には各バッチ画像について同様の傾向で現れる。つまり、各バッチ画像についての検出結果が実際の濃度に比べ全体として高めとなるか、低めとなるかのいずれかであって、一連の検出結果にその両方が現れることはあまりない。そのため、各バッチ画像について求められた絶対的なトナー濃度が検出誤差により変動しても、各バッチ画像間の相対的な濃度差にはあまり変化がない。すなわち、検出された各バッチ画像のトナー濃度から求めた濃度制御因子に対するトナー濃度の変化率は、検出誤差の影響を受けにくい。そして、濃度制御因子とトナー濃度との理想的な、すなわち検出誤差を含まない対応関係は事前に実験的にもしくは理論的に把握することが可能である。

そこで、このように検出誤差の影響が現れにくいトナー濃度の変化率を求め、その結果と絶対的なトナー濃度との双方の結果に基づき濃度制御因子を最適化するようにすれば、検出誤差の影響を抑えてより最適値に近く濃度制御因子を設定することが可能となり、こうして設定された画像形成条件の下で画像形成を行うことにより、画質の良好なトナー像を安定して形成することが可能となる。なお、ここでいうバッチ画像の「トナー濃度」とは、濃度検出手段による検出結果から求められる推定値であって、形成されたバッチ画像の「真の」トナー濃度とは必ずしも一致しない。

この発明において、トナー濃度が濃度目標値と一致する条件が見つかれば、そのときの濃度制御因子の値をその最適値として設定してよいことは言うまでもない。ただし、求められたトナー濃度は誤差を含んでいるから、こうして設定された値が本当にその最適値となっているとは限らない。特に、例えば高濃度のバッチ画像を形成したときのように、濃度制御因子の変化に対するトナー濃度の変化率が比較的小さくなっている場合には、わずかな検出誤差でも設定される濃度制御因子の値が大きく異なってしまうこととなる。このような場合には、むしろトナー濃度の変化率に基づいて、変化率が所定の有効変化率とほぼ一致するときを

濃度制御因子の最適値とする方が好ましいこともある。

また、第2の目的を達成するため、この発明は、像担持体上のトナー像の画像濃度を求めるのに先立って、像担持体に関する情報を補正情報として予め記憶しておき、トナー像の画像濃度を求める際には、濃度センサからの出力をそのまま用いて画像濃度を求めるのではなく、そのセンサ出力を補正情報によって補正している。これによって像担持体の表面状態による影響がキャンセルされてトナー像の画像濃度のみを反映した補正值が求められる。そして、この補正值に基づきトナー像の画像濃度を求めることでトナー像の画像濃度を高精度に測定することができ、その測定結果に基づき安定した濃度で画像を形成することが可能となる。

また、濃度センサからの出力に対して像担持体の表面状態が与える影響は、後述するように像担持体に形成されるトナー像の濃淡に応じて異なる。つまり、比較的濃度の低いトナー像が像担持体上に形成されている場合には、発光素子からの光の一部がトナー像を通過して像担持体で反射された後、再度像担持体を通過して受光素子で受光されるため、像担持体の表面状態に応じて濃度センサからの出力が比較的大きく異なる。一方、トナー像が濃くなるにしたがってトナー像を通過して像担持体に入射する光はもちろんのこと、像担持体で反射された後に再度像担持体を通過して受光素子に入射する光も少なくなり、像担持体の表面状態が濃度センサからの出力に及ぼす影響は少なくなる。したがって、トナー像の濃淡を全く考慮せずに一律に補正情報に基づきトナー像の画像濃度を求めたのではその精度に一定の限界がある。これに対し、本発明の如く像担持体上のトナー像の濃淡に応じて前記補正情報を補正することによって画像濃度の測定精度がさらに向上する。

ここで、補正情報については、像担持体にトナー像を形成する前に濃度センサから出力される信号に基づき求めるようにしてもよく、こうして求めた補正情報を記憶部に記憶しておけばよい。また、補正情報を求めるにあたって、像担持体にトナー像を形成する前に濃度センサから出力される信号を構成するサンプリングデータそのものを補正情報として用いてもよいが、そのサンプリングデータにスパイク状のノイズが重畳してしまうことがある。このようなスパイク状ノイズ

を除去するためには、例えばサンプリングデータのうち上位レベルおよび／または下位レベルをキャンセルするとともに、該キャンセルデータを残りのサンプリングデータの平均値に置き換えるのが効果的である。

また、上記のようにトナー像が濃くなるにしたがって像担持体の表面状態が濃度センサからの出力に及ぼす影響は少なくなるため、トナー像が濃くなるにしたがって補正情報に基づく補正量を小さくなるように設定することで精度良くトナー像の画像濃度が求められる。

さらに、第3の目的を達成するため、この発明は、静電潜像を担持する潜像担持体に対して離間配置されたトナー担持体に現像バイアスを印加してトナー像を形成し、しかも、現像バイアスを多段階に変更設定して各バイアス値で高濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて現像バイアスを最適化するとともに、最適化された現像バイアスを前記トナー担持体に印加しながら、露光ビームのエネルギー密度を多段階に変更設定して各エネルギー値で低濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて露光ビームのエネルギー密度を最適化する。

このように構成された発明では、高濃度用画像、つまり画像の面積に対するドット部の面積率の高い画像と、低濃度用画像、つまり画像の面積に対するドット部の面積率の低い画像との間で、露光ビームのエネルギー変化がそれぞれの画像濃度に与える影響の大きさが異なっていることに基づき、トナー担持体に与える現像バイアスおよび光ビームのエネルギー密度を個別に最適化している。すなわち、高濃度用画像では光ビームのエネルギーを増減しても画像濃度の変化は比較的小さく、その画像濃度は主に現像バイアスの大小によって決まるため、光ビームのエネルギー密度を一定として現像バイアスを変化させながら高濃度のパッチ画像を形成することで、その画像濃度に基づいてまず現像バイアスの最適値を求めることができる。

そして、次に、こうして最適化された現像バイアス条件の下で、露光エネルギーを変えながら低濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて露光エネルギーの最適値を求めるようにすることで、現像バイアスおよび光ビームのエネルギー密度の2つのパラメータについて個別に、しかもそれぞれの最適値に設定することが可能となる。

また、一のパラメータのみを変化させながら形成したパッチ画像の濃度からそのパラメータの最適値を見出すことができるので制御が簡単であり、従来技術のように、制御が複雑になって装置コストが高くなったり、処理に長時間を要するという問題もない。

図面の簡単な説明

第 1 図は、この発明にかかる画像形成装置の第 1 実施形態を示す図である。

第 2 図は、第 1 図の画像形成装置の電氣的構成を示すブロック図である。

第 3 図は、この画像形成装置の現像器を示す断面図である。

第 4 図は、濃度センサの構成を示す図である。

第 5 図は、第 4 図の濃度センサにおいて採用された受光ユニットの電氣的構成を示す図である。

第 6 図は、第 4 図の濃度センサにおける光量制御特性を示す図である。

第 7 図は、第 4 図の濃度センサにおける反射光量に対する出力電圧の変化の様子を示すグラフである。

第 8 図は、第 1 実施形態における濃度制御因子の最適化処理の概要を示すフローチャートである。

第 9 図は、第 1 実施形態における初期化動作を示すフローチャートである。

第 10 図は、第 1 実施形態におけるブレ動作を示すフローチャートである。

第 11 図は、中間転写ベルトの下地プロファイルの例を示す図である。

第 12 図は、第 1 実施形態におけるスパイクノイズ除去処理を示すフローチャートである。

第 13 図は、第 1 実施形態におけるスパイクノイズ除去の様子を示す図である。

第 14 図は、トナーの粒径と反射光量との関係を示す模式図である。

第 15 図は、トナーの粒径分布と OD 値の変化との対応を示す図である。

第 16 図は、第 1 実施形態における制御目標値の導出プロセスを示すフローチャートである。

第 17 図は、制御目標値を求めるルックアップテーブルの例を示す図である。

第 18 図は、第 1 実施形態における現像バイアス設定処理を示すフローチャー

トである。

第 19 図は、高濃度用パッチ画像を示す図である。

第 20 図は、感光体周期で生じる画像濃度の変動を示す図である。

第 21 図は、第 1 実施形態における直流現像バイアスの最適値算出処理を示すフローチャートである。

第 22 図は、直流現像バイアスとベタ画像についての評価値との関係を示すグラフである。

第 23 図は、直流現像バイアスに対する評価値およびその変化率を示すグラフである。

第 24 図は、第 1 実施形態における評価値曲線およびその変化率を示す図である。

第 25 図は、第 1 実施形態における露光エネルギーの設定処理を示すフローチャートである。

第 26 図は、低濃度用パッチ画像を示す図である。

第 27 図は、第 1 実施形態における露光エネルギーの最適値算出処理を示すフローチャートである。

第 28 図は、第 2 実施形態における光量制御信号変換部を示す図である。

第 29 図は、光量制御信号の設定方法を説明する原理図である。

第 30 図は、第 2 実施形態における基準光量設定処理を示すフローチャートである。

第 31 図は、基準光量設定処理の原理を説明する図である。

第 32 図は、第 3 実施形態における下地プロファイル検出位置とパッチ画像との関係を示す図である。

第 33 図は、第 3 実施形態における現像バイアス設定処理を示すフローチャートである。

第 34 図は、第 3 実施形態におけるカラートナーについての現像バイアス設定パラメータの最適値算出処理を示すフローチャートである。

第 35 図は、第 3 実施形態におけるブラックトナーについての現像バイアス設定パラメータの最適値算出処理を示すフローチャートである。

第 3 6 図は、その表面状態が均一である像担持体へのパッチ画像（トナー像）の形成前後において、各サンプリング位置で得られるセンサ出力値を示す図である。

第 3 7 図は、その表面状態が不均一である像担持体へのパッチ画像（トナー像）の形成前後において、各サンプリング位置で得られるセンサ出力値を示す図である。

第 3 8 図は、その表面状態が不均一である像担持体への濃度均一画像（トナー像）の形成前後において、各サンプリング位置で得られるセンサ出力値を示す図である。

第 3 9 図は、第 1 パッチ画像（トナー像）の形成前後でのセンサ出力値の関係を示す図である。

第 4 0 図は、この発明にかかる画像形成装置の第 4 実施形態において実行される濃度制御因子の最適化処理を示すフローチャートである。

第 4 1 図は、補正情報の算出処理を示すフローチャートである。

第 4 2 図は、カラートナーの画像濃度に対するセンサ出力値の変化の様子を示すグラフである。

第 4 3 図は、パッチセンシング処理を示すフローチャートである。

第 4 4 図は、ブラックトナーにより形成されるパッチ画像（トナー像）の形成前後でのセンサ出力値の関係を示す図である。

第 4 5 図は、カラートナーにより形成されるパッチ画像（トナー像）の形成前後でのセンサ出力値の関係を示す図である。

第 4 6 図は、補正情報の算出処理を示すフローチャートである。

第 4 7 図は、パッチセンシング処理を示すフローチャートである。

第 4 8 図は、カラートナーにより形成されるパッチ画像（トナー像）の形成前後でのセンサ出力値の関係を示す図である。

第 4 9 図は、非接触現像方式の画像形成装置における現像位置を示す図である。

第 5 0 図は、現像バイアスの波形の例を示す図である。

第 5 1 図は、感光体上のトナー密度とトナー像の光学濃度との関係を示す図である。

第52図は、この発明にかかる画像形成装置の第5実施形態におけるパッチ処理を示すフローチャートである。

第53図は、ベタ画像および細線画像に対応する静電潜像を形成した場合の感光体の表面電位プロファイルの例を示す図である。

第54図は、ベタ画像および細線画像に対する等濃度曲線を示す図である。

第55図は、この発明にかかる画像形成装置の第6実施形態を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

<第1実施形態>

(1) 装置の構成

第1図は、この発明にかかる画像形成装置の第1実施形態を示す図である。また、第2図は第1図の画像形成装置の電氣的構成を示すブロック図である。この画像形成装置は、イエロー（Y）、シアン（C）、マゼンタ（M）、ブラック（K）の4色のトナーを重ね合わせてフルカラー画像を形成したり、ブラック（K）のトナーのみを用いてモノクロ画像を形成する装置である。この画像形成装置では、ユーザからの画像形成要求に応じてホストコンピュータなどの外部装置から画像信号がメインコントローラ11に与えられると、このメインコントローラ11からの指令に応じて本発明の「像形成手段」として機能するエンジンコントローラ10がエンジン部EGの各部を制御してシートSに画像信号に対応する画像を形成する。

このエンジン部EGでは、感光体2が第1図の矢印方向d1に回転自在に設けられている。また、この感光体2の周りにその回転方向d1に沿って、帯電ユニット3、ロータリー現像ユニット4およびクリーニング部5がそれぞれ配置されている。帯電ユニット3は帯電制御部103から帯電バイアスが印加されており、感光体2の外周面を所定の表面電位に均一に帯電させる。

そして、この帯電ユニット3によって帯電された感光体2の外周面に向けて露光ユニット6から光ビームLが照射される。この露光ユニット6は、露光制御部102から与えられる制御指令に応じて光ビームLを感光体2上に露光して感光体2上に画像信号に対応する静電潜像を形成する。例えば、ホストコンピュータ

などの外部装置よりインターフェース 112 を介してメインコントローラ 11 の CPU 111 に画像信号が与えられると、エンジンコントローラ 10 の CPU 101 が露光制御部 102 に対し所定のタイミングで画像信号に対応した制御信号を出力し、これに応じて露光ユニット 6 から光ビーム L が感光体 2 上に照射されて、画像信号に対応する静電潜像が感光体 2 上に形成される。また、必要に応じて後述するパッチ画像を形成する場合には、予め設定された所定パターンのパッチ画像信号に対応した制御信号が CPU 101 から露光制御部 102 に与えられ、該パターンに対応する静電潜像が感光体 2 上に形成される。このように、この実施形態では、感光体 2 が本発明の「潜像担持体」として機能する。

こうして形成された静電潜像は現像ユニット 4 によってトナー現像される。すなわち、この実施形態では、現像ユニット 4 は、軸中心に回転自在に設けられた支持フレーム 40、図示を省略する回転駆動部、支持フレーム 40 に対して着脱自在に構成されてそれぞれの色のトナーを内蔵するイエロー用の現像器 4Y、シアン用の現像器 4C、マゼンタ用の現像器 4M、およびブラック用の現像器 4K を備えている。この現像ユニット 4 は、第 2 図に示すように、現像器制御部 104 により制御されている。そして、この現像器制御部 104 からの制御指令に基づいて、現像ユニット 4 が回転駆動されるとともにこれらの現像器 4Y、4C、4M、4K が選択的に感光体 2 と対向する所定の現像位置に位置決めされて、選択された色のトナーを感光体 2 の表面に付与する。これによって、感光体 2 上の静電潜像が選択トナー色で顕像化される。なお、第 1 図は、イエロー用の現像器 4Y が現像位置に位置決めされた状態を示している。

これらの現像器 4Y、4C、4M、4K はいずれも同一構造を有している。したがって、ここでは、現像器 4K の構成について第 3 図を参照しながらさらに詳しく説明するが、その他の現像器 4Y、4C、4M についてもその構造および機能は同じである。第 3 図は、この画像形成装置の現像器を示す断面図である。この現像器 4K では、その内部にトナー TN を収容するハウジング 41 に供給ローラ 43 および現像ローラ 44 が軸着されており、当該現像器 4K が上記した現像位置に位置決めされると、本発明の「トナー担持体」として機能する現像ローラ 44 が感光体 2 と当接してまたは所定のギャップを隔てて対向位置決めされると

ともに、これらのローラ 4 3、4 4 が本体側に設けられた回転駆動部（図示省略）と係合されて所定の方向に回転する。この現像ローラ 4 4 は、後述する現像バイアスを印加されるべく銅、アルミニウム、鉄、ステンレス等の金属または合金により円筒状に形成されている。これらの材料は適宜表面処理（例えば酸化処理、窒化処理、プラスト処理など）を施される。そして、2つのローラ 4 3、4 4 が接触しながら回転することでブラックトナーが現像ローラ 4 4 の表面に擦り付けられて所定厚みのトナー層が現像ローラ 4 4 表面に形成される。

また、この現像器 4 K では、現像ローラ 4 4 の表面に形成されるトナー層の厚みを所定厚みに規制するための規制ブレード 4 5 が配置されている。この規制ブレード 4 5 は、ステンレスやリン青銅などの板状部材 4 5 1 と、板状部材 4 5 1 の先端部に取り付けられたゴムや樹脂部材などの弾性部材 4 5 2 とで構成されている。この板状部材 4 5 1 の後端部はハウジング 4 1 に固着されており、現像ローラ 4 4 の回転方向 d 3 において、板状部材 4 5 1 の先端部に取り付けられた弾性部材 4 5 2 が板状部材 4 5 1 の後端部よりも上流側に位置するように配設されている。そして、その弾性部材 4 5 2 が現像ローラ 4 4 表面に弾性的に当接して現像ローラ 4 4 の表面に形成されるトナー層を最終的に所定の厚みに規制する。

なお、現像ローラ 4 4 表面のトナー層を構成する各トナー粒子は、供給ローラ 4 3、規制ブレード 4 5 と摩擦されたことによって帯電しており、ここではトナーが負に帯電するものとして以下説明するが、装置各部の電位を適宜変更することで正に帯電するトナーも使用可能である。

このようにして現像ローラ 4 4 の表面に形成されたトナー層は、現像ローラ 4 4 の回転によって順次、その表面に静電潜像が形成されている感光体 2 との対向位置に搬送される。そして、現像器制御部 1 0 4 からの現像バイアスが現像ローラ 4 4 に印加されると、現像ローラ 4 4 上に担持されたトナーは、感光体 2 の表面各部にその表面電位に応じて部分的に付着し、こうして感光体 2 上の静電潜像が当該トナー色のトナー像として顕像化される。

現像ローラ 4 4 に与える現像バイアスとしては、直流電圧、もしくは直流電圧に交流電圧を重ねたものを用いることができるが、特に感光体 2 と現像ローラ 4 4 とを離間配置し、両者の間でトナーを飛翔させることでトナー現像を行う非

接触現像方式の画像形成装置では、効率よくトナーを飛翔させるために直流電圧に対して正弦波、三角波、矩形波等の交流電圧を重ねた電圧波形とすることが好ましい。このような直流電圧の大きさおよび交流電圧の振幅、周波数、デューティ比等については任意であるが、以下、本明細書においては、現像バイアスが交流成分を有すると否とにかかわらず、その直流成分（平均値）を直流現像バイアス V_{avg} と称することとする。

ここで、非接触現像方式の画像形成装置における上記現像バイアスとして好ましいものの一例を示す。例えば、現像バイアスの波形は直流電圧に矩形波交流電圧を重ねたものであり、その矩形波の周波数は 3 kHz、振幅 V_{pp} は 1400 V である。また、後述するように、本実施形態では現像バイアス V_{avg} を濃度制御因子の 1 つとして変更可能としているが、その可変範囲としては、画像濃度への影響や感光体 2 の特性ばらつき等を考慮して、例えば $(-110) V \sim (-330) V$ とすることができる。なお、これらの数値等は上記に限定されず、装置構成に応じて適宜変更されるべきものである。

また、第 2 図に示すように、各現像器 4 Y、4 C、4 M、4 K には該現像器の製造ロットや使用履歴、内蔵トナーの特性などに関するデータを記憶するメモリ 91～94 がそれぞれ設けられている。さらに、各現像器 4 Y、4 C、4 M、4 K にはコネクタ 49 Y、49 C、49 M、49 K がそれぞれ設けられている。そして、必要に応じて、これらが選択的に本体側に設けられたコネクタ 108 と接続され、インターフェース 105 を介して CPU 101 と各メモリ 91～94 との間でデータの送受を行って該現像器に関する消耗品管理等の各種情報の管理を行っている。なお、この実施形態では本体側コネクタ 108 と各現像器側のコネクタ 49 Y 等とが機械的に嵌合することで相互にデータ送受を行っているが、例えば無線通信等の電磁的手段を用いて非接触にてデータ送受を行うようにしてもよい。また、各現像器 4 Y、4 C、4 M、4 K に固有のデータを記憶するメモリ 91～94 は、電源オフ状態や該現像器が本体から取り外された状態でもそのデータを保存できる不揮発性メモリであることが望ましく、このような不揮発性メモリとしては例えばフラッシュメモリや強誘電体メモリ、EEPROMなどを用いることができる。

第1図に戻って、装置構成の説明を続ける。上記のようにして現像ユニット4で現像されたトナー像は、一次転写領域TR1で転写ユニット7の中間転写ベルト71上に一次転写される。転写ユニット7は、複数のローラ72～75に掛け渡された中間転写ベルト71と、ローラ73を回転駆動することで中間転写ベルト71を所定の回転方向d2に回転させる駆動部（図示省略）とを備えている。さらに、中間転写ベルト71を挟んでローラ73と対向する位置には、該ベルト71表面に対して不図示の電磁クラッチにより当接・離間移動可能に構成された二次転写ローラ78が設けられている。そして、カラー画像をシートSに転写する場合には、感光体2上に形成される各色のトナー像を中間転写ベルト71上に重ね合わせてカラー画像を形成するとともに、カセット8から取り出されて中間転写ベルト71と二次転写ローラ78との間の二次転写領域TR2に搬送されてくるシートS上にカラー画像を二次転写する。また、こうしてカラー画像が形成されたシートSは定着ユニット9を経由して装置本体の上面部に設けられた排出トレイ部に搬送される。このように、この実施形態では、中間転写ベルト71が本発明の「中間体」として機能している。

なお、中間転写ベルト71へトナー像を一次転写した後の感光体2は、不図示の除電手段によりその表面電位がリセットされ、さらに、その表面に残留したトナーがクリーニング部5により除去された後、帯電ユニット3により次の帯電を受ける。

そして、引き続いてさらに画像を形成する必要がある場合には上記動作を繰り返して必要枚数の画像を形成して一連の画像形成動作を終了し、新たな画像信号が与えられるまで装置は待機状態となるが、この装置では、待機状態での電力消費を抑制するためその動作を停止状態に移行させる。すなわち、感光体2、現像ローラ44および中間転写ベルト71等の回転駆動を停止するとともに、現像ローラ44への現像バイアスおよび帯電ユニット3への帯電バイアスの印加を停止することにより、装置は動作停止状態となる。

また、ローラ75の近傍には、クリーナ76、濃度センサ60および垂直同期センサ77が配置されている。これらのうち、クリーナ76は図示を省略する電磁クラッチによってローラ75に対して近接・離間移動可能となっている。そし

て、ローラ 75 側に移動した状態でクリーナ 76 のブレードがローラ 75 に掛け渡された中間転写ベルト 71 の表面に当接し、二次転写後に中間転写ベルト 71 の外周面に残留付着しているトナーを除去する。また、垂直同期センサ 77 は、中間転写ベルト 71 の基準位置を検出するためのセンサであり、中間転写ベルト 71 の回転駆動に関連して出力される同期信号、つまり垂直同期信号 Vsync を得るための垂直同期センサとして機能する。そして、この装置では、各部の動作タイミングを揃えとともに各色で形成されるトナー像を正確に重ね合わせるために、装置各部の動作はこの垂直同期信号 Vsync に基づいて制御される。さらに、本発明の「濃度検出手段」として機能する濃度センサ 60 は、中間転写ベルト 71 の表面に対向して設けられており、後述するようにして構成されて中間転写ベルト 71 の外周面に形成されるパッチ画像の光学濃度を測定する。したがって、この実施形態では、中間転写ベルト 71 が本発明の「像担持体」に相当している。

なお、第 2 図において、符号 113 はホストコンピュータなどの外部装置よりインターフェース 112 を介して与えられた画像信号を記憶するためにメインコントローラ 11 に設けられた画像メモリであり、符号 106 は CPU 101 が実行する演算プログラムやエンジン部 EG を制御するための制御データなどを記憶するための ROM、また符号 107 は CPU 101 における演算結果やその他のデータを一時的に記憶する RAM である。

第 4 図は濃度センサの構成を示す図である。この濃度センサ 60 は、中間転写ベルト 71 の表面領域のうちローラ 75 に巻き掛けられた巻き掛け領域 71a に光を照射する LED などの発光素子 601 を有している。また、この濃度センサ 60 には、後述するように CPU 101 から与えられる光量制御信号 S1c に応じて照射光の照射光量を調整するために、偏光ビームスプリッター 603、照射光量モニタ用受光ユニット 604 および照射光量調整ユニット 605 が設けられている。

この偏光ビームスプリッター 603 は、第 4 図に示すように、発光素子 601 と中間転写ベルト 71 との間に配置されており、発光素子 601 から出射される光を中間転写ベルト 71 上における照射光の入射面に平行な偏光方向を有する p 偏光と、垂直な偏光方向を有する s 偏光とに分割している。そして、p 偏光につ

いてはそのまま中間転写ベルト 7 1 に入射する一方、s 偏光については偏光ビームスプリッター 6 0 3 から取り出された後、照射光量モニタ用の受光ユニット 6 0 4 に入射され、この受光ユニット 6 0 4 の受光素子 6 4 2 から照射光量に比例した信号が照射光量調整ユニット 6 0 5 に出力される。

この照射光量調整ユニット 6 0 5 は、受光ユニット 6 0 4 からの信号と、エンジンコントローラ 1 0 の CPU 1 0 1 からの光量制御信号 S_{lc} とに基づき発光素子 6 0 1 をフィードバック制御して発光素子 6 0 1 から中間転写ベルト 7 1 に照射される照射光量を光量制御信号 S_{lc} に対応する値に調整する。このように、この実施形態では、照射光量を広範囲に、かつ適切に変更調整することができる。

また、この実施形態では、照射光量モニタ用受光ユニット 6 0 4 に設けられた受光素子 6 4 2 の出力側に入力オフセット電圧 6 4 1 が印加されており、光量制御信号 S_{lc} がある信号レベルを超えない限り、発光素子 6 0 1 が消灯状態に維持されるように構成されている。その具体的な電氣的構成は第 5 図に示す通りである。第 5 図は第 4 図の濃度センサ 6 0 において採用された受光ユニット 6 0 4 の電氣的構成を示す図である。この受光ユニット 6 0 4 では、フォトダイオードなどの受光素子 P S のアノード端子は電流－電圧 (I/V) 変換回路を構成するオペアンプ O P の非反転入力端子に接続されるとともに、オフセット電圧 6 4 1 を介して接地電位に接続されている。また、受光素子 P S のカソード端子は、オペアンプ O P の反転入力端子に接続されるとともに、抵抗 R を介してオペアンプ O P の出力端子に接続されている。このため、受光素子 P S に光が入射されて光電流 i が流れると、オペアンプ O P の出力端子からの出力電圧 V_O は、

$$V_O = i \cdot R + V_{\text{off}} \quad \dots (1-1)$$

(ただし、V_{off} はオフセット電圧値である)

となり、反射光量に対応した信号が受光ユニット 6 0 4 から出力される。このように構成した理由について以下説明する。

第 6 図は第 4 図の濃度センサにおける光量制御特性を示す図である。入力オフセット電圧 6 4 1 を印加しない場合には、第 6 図の破線で示すような光量特性を示す。つまり、光量制御信号 S_{lc}(0) を CPU 1 0 1 から照射光量調整ユニット 6 0 5 に与えると、発光素子 6 0 1 は消灯状態となり、光量制御信号 S_{lc} の信号レ

ベルを高めると、発光素子 601 は点灯し、中間転写ベルト 71 上への照射光量も信号レベルにほぼ比例して増大する。しかしながら、光量特性は周辺温度の影響や照射光量調整ユニット 605 の構成などによって第 6 図に示す一点鎖線や二点鎖線のように平行シフトすることがあり、仮に同図の一点鎖線のようにシフトしてしまうと、CPU 101 から消灯指令、つまり光量制御信号 $S_{lc}(0)$ を与えているにもかかわらず、発光素子 601 が点灯していることがある。

これに対し、本実施形態の如く、入力オフセット電圧 641 を印加して予め同図の右手側にシフトさせて不感帯（信号レベル $S_{lc}(0) \sim S_{lc}(1)$ ）を設けている場合（同図の実線）には、CPU 101 から消灯指令、つまり光量制御信号 $S_{lc}(0)$ を与えることで確実に発光素子 601 を消灯することができ、装置の誤作動を未然に防止することができる。

一方、信号レベル $S_{lc}(1)$ を超える光量制御信号 S_{lc} が CPU 101 から照射光量調整ユニット 605 に与えられると、発光素子 601 は点灯し、中間転写ベルト 71 に p 偏光が照射光として照射される。すると、この p 偏光は中間転写ベルト 71 で反射され、反射光量検出ユニット 607 で反射光の光成分のうち p 偏光の光量と s 偏光の光量とが検出され、各光量に対応する信号が CPU 101 に出力される。

この反射光量検出ユニット 607 は、第 4 図に示すように、反射光の光路上に配置された偏光ビームスプリッター 671 と、偏光ビームスプリッター 671 を通過する p 偏光を受光し、その p 偏光の光量に対応する信号を出力する受光ユニット 670 p と、偏光ビームスプリッター 671 で分割された s 偏光を受光し、その s 偏光の光量に対応する信号を出力する受光ユニット 670 s とを備えている。この受光ユニット 670 p では、受光素子 672 p が偏光ビームスプリッター 671 からの p 偏光を受光し、その受光素子 672 p からの出力をアンプ回路 673 p で増幅した後、その増幅信号を p 偏光の光量に相当する信号として受光ユニット 670 p から出力している。また、受光ユニット 670 s は受光ユニット 670 p と同様に受光素子 672 s およびアンプ回路 673 s を有している。このため、反射光の光成分のうち互いに異なる 2 つの成分光（p 偏光と s 偏光）の光量を独立して求めることができる。

また、この実施形態では、受光素子 672p, 672s の出力側に出力オフセット電圧 674p, 674s がそれぞれ印加されており、アンプ回路 673p, 673s から CPU101 に与えられる信号の出力電圧 V_p , V_s は第 7 図に示すようにプラス側にオフセットされている。第 7 図は第 4 図の濃度センサにおける反射光量に対する出力電圧の変化の様子を示すグラフである。各受光ユニット 670p, 670s の具体的な電氣的構成については、受光ユニット 604 と同一であるため、ここでは図示説明を省略する。このように構成された受光ユニット 670p, 670s においても、受光ユニット 604 と同様に、反射光量がゼロであるときであっても、各出力電圧 V_p , V_s はゼロ以上の値を有し、しかも反射光量の増大に比例して出力電圧 V_p , V_s も増大する。このように出力オフセット電圧 674p, 674s を印加することで第 6 図の不感帯の影響を確実に排除することができ、反射光量に応じた出力電圧を出力することができる。

これら出力電圧 V_p , V_s の信号は図示を省略する A/D 変換回路を介して CPU101 に入力されるとともに、CPU101 が必要に応じてこれらの出力電圧 V_p , V_s を所定の時間間隔（この実施形態では 8 msec 毎）でサンプリングするように構成されている。そして、適当なタイミング、例えば装置電源が投入された時点、いずれかのユニットが交換された直後などのタイミングで、CPU101 が、現像バイアスや露光エネルギーなどの画像濃度に影響を与える濃度制御因子の最適化処理を行って画像濃度の安定化を図っている。より具体的には、所定のパッチ画像パターンに対応して ROM106 に予め記憶された画像データを画像信号として、各トナー色毎に上記した濃度制御因子を多段階に変更しながら画像形成動作を実行し、該画像信号に対応したテスト用の小画像（パッチ画像）を形成するとともに濃度センサ 60 によりその画像濃度を検出し、その結果に基づいて所望の画像濃度を得られる条件を見出している。以下ではこの濃度制御因子の最適化処理について説明する。

（2）最適化処理

第 8 図は、この実施形態における濃度制御因子の最適化処理の概要を示すフローチャートである。この最適化処理は、その処理順に次の 6 つのシーケンス：初期化動作（ステップ S1）；プレ動作（ステップ S2）；制御目標値の導出（ステ

ップS 3); 現像バイアス設定 (ステップS 4); 露光エネルギー設定 (ステップS 5) および後処理 (ステップS 6) から構成されており、以下、その動作の詳細について上記各シーケンス毎に分説する。

(A) 初期化動作

第9図は、この実施形態における初期化動作を示すフローチャートである。この初期化動作では、まず準備動作として (ステップS 101)、現像ユニット4を回転駆動していわゆるホームポジションに位置決めするとともに、電磁クラッチによりクリーナ76および二次転写ローラ78を中間転写ベルト71から離間位置に移動させる。そして、この状態で中間転写ベルト71の駆動を開始し (ステップS 102)、次いで感光体2の回転駆動および除電動作を開始することにより感光体2を起動する (ステップS 103)。

そして、中間転写ベルト71の基準位置を示す垂直同期信号Vsyncを検出しその回転が確認されると (ステップS 104)、装置各部に対し所定のバイアス印加を開始する (ステップS 105)。すなわち、帯電制御部103から帯電ユニット3に帯電バイアスを印加して感光体2を所定の表面電位に帯電させ、引き続いて中間転写ベルト71に対して図示を省略するバイアス発生部から所定の一次転写バイアスを印加する。

この状態から、中間転写ベルト71のクリーニング動作を行う (ステップS 106)。すなわち、クリーナ76を中間転写ベルト71の表面に当接させ、この状態で中間転写ベルト71をほぼ1周回転させて、その表面に残留付着したトナーや汚れを除去する。そして、クリーニングバイアスを印加した二次転写ローラ78を中間転写ベルト71に当接させる。このクリーニングバイアスは、通常の画像形成動作を実行中に二次転写ローラ78に与えられる二次転写バイアスとは逆の極性であり、そのため二次転写ローラ78に残留付着したトナーは中間転写ベルト71表面に移行し、さらにクリーナ76によって中間転写ベルト71の表面から除去される。こうして中間転写ベルト71および二次転写ローラ78のクリーニング動作が終了すると、二次転写ローラ78を中間転写ベルト71から離間させるとともに、クリーニングバイアスをオフする。そして、次の垂直同期信号Vsyncを待つて (ステップS 107)、帯電バイアスおよび一次転写バイアスを

オフにする（ステップS 1 0 8）。

また、この実施形態では、濃度制御因子の最適化処理を実行するときに限らず、必要に応じて、CPU 1 0 1がこの初期化動作を他の処理とは独立して実行できるようにしている。すなわち、次の動作を引き続いて実行するときには（ステップS 1 0 9）、上記したステップS 1 0 8までを実行した状態で初期化動作を終了し次の動作に移行する。一方、次の動作が予定されていない場合には、停止処理として（ステップS 1 1 0）、クリーナ7 6を中間転写ベルト7 1から離間させるとともに、除電動作および中間転写ベルト7 1の回転駆動を停止する。この場合、中間転写ベルト7 1は、その基準位置が垂直同期センサ7 7との対向位置の直前に位置した状態で停止されることが望ましい。というのは、以後の動作で中間転写ベルト7 1が回転駆動されるとき、その回転状態は垂直同期信号Vsyncにより確認されるが、上記のようにすれば、駆動開始後直ちに垂直同期信号Vsyncが検出されるか否かで短時間にて異常の有無を判断することができるからである。

（B）プレ動作

第10図は、この実施形態におけるプレ動作を示すフローチャートである。このプレ動作では、後述するパッチ画像の形成に先立つ前処理として、2つの処理を同時に行っている。すなわち、濃度制御因子の最適化処理を精度よく行うために装置各部の動作条件の調整を行う（プレ動作1）のと並行して、各現像器4 Y、4 C、4 M、4 Kのそれぞれに設けられた現像ローラ4 4の空回し処理（プレ動作2）を行っている。

（B-1）動作条件の設定（プレ動作1）

第10図に示す左側のフロー（プレ動作1）では、まず濃度センサ6 0の校正を行う（ステップS 2 1 a、S 2 1 b）。ステップS 2 1 aの校正（1）では、濃度センサ6 0の発光素子6 0 1が消灯状態にあるときの受光ユニット6 7 0 p、6 7 0 sの各出力電圧Vp、Vsを検出し、暗出力Vp0、Vs0として記憶しておく。次に、ステップS 2 1 bの校正（2）では、低光量・高光量の2種の点灯状態となるように発光素子6 0 1に与える光量制御信号Slcを変化させ、その各々の光量で受光ユニット6 7 0 pの出力電圧Vpを検出する。そして、これら3点の値から、トナーが付着していない状態での出力電圧Vpが所定の基準レベル（本

実施形態では、3 Vに上記した暗出力 V_{p0} を加えた値)となる発光素子601の基準光量を求める。こうして発光素子601の光量がこの基準光量となるような光量制御信号 S_{lc} のレベルを算出し、その値を基準光量制御信号として設定する(ステップS22)。これ以後、発光素子601を点灯させる必要があるときには、CPU101から照射光量調整ユニット605に対してこの基準光量制御信号が出力され、これにより発光素子601は常にその基準光量で発光するようフィードバック制御される。

また、発光素子601が消灯状態にあるときの出力電圧 V_{p0} 、 V_{s0} を本センサ系の「暗出力」として記憶しておき、後述するようにトナー像の濃度を検出する際に各出力電圧 V_p 、 V_s からこの値を差し引くことによって、暗出力の影響を排除してより高精度にトナー像の濃度を検出することが可能となっている。

なお、発光素子601の点灯状態での受光素子672pからの出力信号は中間転写ベルト71からの反射光量に依存するが、後述するように中間転写ベルト71の表面状態は光学的に必ずしも均一ではないから、この状態での出力を求める際には中間転写ベルト71の1周分にわたる出力の平均値をとることが望ましい。一方、発光素子601の消灯状態ではこのように中間転写ベルト71の1周分の出力信号を検出する必要はないが、検出誤差を小さくするためには数点での出力信号を平均するのが好ましい。

この実施形態においては、中間転写ベルト71表面は白色であるため光の反射率が高く、該ベルト71上にいずれかの色のトナーが付着するとその反射率は低下する。したがって、この実施形態では、中間転写ベルト71表面へのトナー付着量が増えるにつれて受光ユニットからの出力電圧 V_p 、 V_s が基準レベルから低下してゆくこととなり、これらの出力電圧 V_p 、 V_s の大きさからトナーの付着量、ひいてはトナー像の画像濃度を見積もることが可能となっている。

また、この実施形態では、カラー(Y、C、M)トナーとブラック(K)トナーとの間で反射特性が異なっていることに基づき、後述するブラックトナーによるパッチ画像の濃度は該パッチ画像からの反射光のうちp偏光の光量に基づいて求める一方、カラートナーによるパッチ画像の濃度はp偏光、s偏光の光量比に基づいて求めるようにしているので、広いダイナミックレンジにわたって精度よ

く画像濃度を求めることが可能となっている。

さて、第10図に戻って、プレ動作の説明を続ける。中間転写ベルト71の表面状態は必ずしも光学的に一様であるとはいえず、また使用につれてトナーが融着するなどして次第に変色や汚れが生じることもある。このような中間転写ベルト71の表面状態の変化によりトナー像の濃度検出に誤差を生じるのを防止するため、この実施形態では、中間転写ベルト71の1周分についての下地プロファイル、つまりトナー像を担持しない状態での中間転写ベルト71表面の濃淡に関する情報を取得している。具体的には、発光素子601を先に求めた基準光量で発光させ、受光ユニット670p、670sからの出力電圧 V_p 、 V_s をサンプリングしながら中間転写ベルト71を1周回転させ（ステップS23）、各サンプルデータ（本実施形態におけるサンプル数：312）を下地プロファイルとしてRAM107に記憶しておく。このように中間転写ベルト71の表面各部の濃淡を予め把握しておくことで、その上に形成されるトナー像の濃度をより正確に見積もることが可能になる。この点については、後の実施形態で詳述する。

ところで、上記した濃度センサ60からの出力電圧 V_p 、 V_s には、ローラ75および中間転写ベルト71の微小な汚れや傷による反射率の変化、さらにはセンサ回路に混入する電氣的なノイズ等に起因するスパイク状のノイズが重畳していることがある。第11図は、中間転写ベルトの下地プロファイルの例を示す図である。中間転写ベルト71の1周分以上にわたりその表面からの反射光量を濃度センサ60によりサンプリングしてプロットすると、第11図（a）に示すように、センサ60からの出力電圧 V_p は中間転写ベルト71の周長もしくはその回転周期に対応して周期的に変化するだけでなく、その波形には幅の狭いスパイク状のノイズが重畳することがある。このノイズは上記回転周期に同期した成分およびこれに同期しない不規則成分のいずれをも含んでいる可能性がある。第11図（b）はこのようなサンプルデータ列の一部を拡大したものである。この図では、ノイズの重畳により各サンプルデータのうち符号 $V_p(8)$ 、 $V_p(19)$ を付した2つのデータが他のデータより突出して大きくなっている一方、符号 $V_p(4)$ 、 $V_p(16)$ を付した2つのデータが他より突出して小さくなっている。なお、ここでは2つのセンサ出力のうちp偏光成分について述べたが、s偏光成分について

も同様に考えることができる。

濃度センサ 60 の検知スポット径は例えば 2 ～ 3 mm 程度であり、また中間転写ベルト 71 の変色や汚れは一般により大きな範囲で生じると考えられるから、このような局所的に突出したデータは上記ノイズの影響を受けているものとみることができる。このようにノイズが重畳したままのサンプルデータに基づき下地プロファイルやパッチ画像の濃度を求め、その結果から濃度制御因子を設定すると、各濃度制御因子を必ずしも最適な状態に設定することができなくなり、却って画像品質が劣化してしまう場合がある。

そこで、この実施形態では、第 10 図に示すように、ステップ S 23 において中間転写ベルト 71 の 1 周分についてセンサ出力のサンプリングを行った後、スパイクノイズの除去処理を実行している（ステップ S 24）。

第 12 図はこの実施形態におけるスパイクノイズ除去処理を示すフローチャートである。このスパイクノイズ除去処理では、取得した「生の」すなわち加工を加えていないサンプルデータ列のうち連続する一部の区間（ここでは 21 サンプル分に相当する長さ）を抽出し（ステップ S 241）、その区間に含まれる 21 個のサンプルデータのうちそのレベルが上位 3 つおよび下位 3 つに該当するデータを除去した後（ステップ S 242、S 243）、残る 15 個のデータの算術平均を求める（ステップ S 244）。そして、その平均値をこの区間における平均レベルとみなし、ステップ S 242 および S 243 で除去した 6 つのデータをこの平均値に置き換えることでノイズが除去された「補正後」のサンプルデータ列を得る（ステップ S 245）。さらに、必要に応じて次の区間についても上記ステップ S 241 ～ S 245 を繰り返し、同様にしてスパイクノイズを除去する（ステップ S 246）。

上記処理によるスパイクノイズ除去について、第 11 図（b）に示すデータ列を例にとり、第 13 図を参照しながらさらに詳しく説明する。第 13 図は、この実施形態におけるスパイクノイズ除去の様子を示す図である。第 11 図（b）のデータ列においては、他のデータから突出して大きい 2 つのデータ $V_p(8)$ および $V_p(19)$ 、突出して小さいデータ $V_p(4)$ および $V_p(16)$ にノイズの影響が現れているとみられる。このスパイクノイズ除去処理では、各サンプルデータのうち

上位3つを除去しているため(第12図のステップS242)、これらのデータのうちノイズを含むとみられるデータ2つを含む3つのデータ $V_p(8)$ 、 $V_p(14)$ および $V_p(19)$ が除去される。同様に、ノイズを含むとみられるデータ2つを含む3つのデータ $V_p(4)$ 、 $V_p(11)$ および $V_p(16)$ も除去されている(第12図のステップS243)。そして、第13図に示すように、これら6つのデータが、他の15データの平均値 V_{pavg} (斜線を付した丸印で示す)に置き換えられることで、元のデータ列に含まれていたスパイクノイズが除去されるのである。

なお、このスパイクノイズ除去を実施するに際し、抽出するサンプル数、除去するデータの数は上記に限定されるものではなく、任意の個数としてよいが、その選び方によっては十分なノイズ除去効果が得られないばかりか、却って誤差を増大させてしまうおそれもあるため、以下の観点に基づき慎重に決定されることが望ましい。

すなわち、ノイズの発生頻度に対しあまり短い区間のデータ列を抽出したのでは、ノイズ除去処理を実行する区間内にノイズが含まれていない確率が高くなり、また演算処理の回数も増大するため効率的でない。一方、あまり広い区間のデータ列を抽出したのでは、センサ出力における有意な変動、すなわち検出対象の濃度変化を反映した変動分まで含めて平均化されてしまうこととなり、本来の目的である濃度プロファイルを正しく求めることができなくなってしまう。

また、ノイズ発生頻度は一定ではないから、抽出したデータ列からこのように上位または下位それぞれ所定個数のデータを一律に除去するだけでは、上記した例におけるデータ $V_p(11)$ 、 $V_p(14)$ のようにノイズを含まないデータまで除去されてしまったり、また逆にノイズが十分に除去されない可能性がある。このうち、ノイズを含まないデータがいくつか除去されてしまったとしても、第13図に示すように、これらのデータ $V_p(11)$ 、 $V_p(14)$ と平均値 V_{pavg} との差は比較的小さいため、これらのデータが平均値 V_{pavg} に置き換えられたことによる誤差は小さい。一方、ノイズを含むデータが除去されずに残された場合には、このデータを含めて求めた平均値で他のデータを置換することによって却って誤差が大きくなってしまうおそれがある。したがって、抽出したデータのサンプル数に対して除去するデータ数の比率は、実際の装置において発生するノイズの頻

度と同等もしくはそれより若干大きくなるように決められるのが望ましい。

この実施形態においては、第 11 図 (a) に示すように、ノイズの影響により本来のプロファイルより大きい側にずれるデータと小さい側にずれるデータの頻度が同程度であり、かつノイズそのものの発生頻度が 25% 以下 (21 サンプル中 5 サンプル以下) 程度であったという実験的事実に基づき、スパイクノイズ除去処理を上記のように構成しているのである。

なお、スパイクノイズ除去の処理方法については、上記以外にも種々の方法が考えられる。例えば、サンプリングにより得られた「生の」サンプルデータに従来の周知の低域通過フィルタ処理を施すことによっても、スパイク状のノイズを取り除くことは可能である。ただし、従来のフィルタ処理においては、ノイズ波形の鋭さを緩和することはできるものの、その結果として、ノイズを含むデータのみならずその周辺のデータも元の値から変化することとなるため、発生するノイズの態様によっては大きな誤差を招く可能性がある。

これに対して、本実施形態では、各サンプルデータのうちノイズの発生する頻度に応じた個数の上位/下位データを平均値に置き換える一方、それ以外のデータは元のままとしているのでこのような誤差が生じる可能性は低くなっている。

また、このスパイクノイズ除去処理は、上記した下地プロファイルを求めるときのみでなく、後述するようにトナー像の画像濃度を求める際にその反射光量として取得したサンプルデータに対しても施される。

(B-2) 現像器の空回し (プレ動作 2)

電源オフ状態、または電源がオンであっても画像形成動作を行わず動作停止状態にある期間が長時間継続した後に画像形成を行うと、画像に周期的な濃度ムラが現れる場合があることが従来より知られている。本明細書ではこの現象を放置バンディング現象と称するが、本願発明者は、この放置バンディング現象が、トナーが各現像器の現像ローラ 44 に担持されたまま長時間放置されたことにより現像ローラ 44 から離れ難くなり、しかもその程度が現像ローラ 44 表面上において一様でないことから現像ローラ 44 上のトナー層が次第に不均一となることに起因するものであることを見出した。例えば、第 3 図に示す本実施形態の現像器 4K では、現像ローラ 44 の回転が停止した状態において、その表面のうちの

一部に供給ローラ 4 3 または規制ブレード 4 5 が当接した状態となっており、さらにその表面のうちハウジング 4 1 の内側に位置する部分は大量のトナーに覆われた状態となっているのに対し、ハウジング 4 1 の外部に露出する部分は薄いトナー層を担持したまま大気中に曝されているなど、現像ローラ 4 4 の表面状態はその周方向において不均一となっている。

このように現像ローラ 4 4 表面が不均一な状態で長時間にわたり装置が動作停止状態におかれた後、次の画像形成を行うのに先立って濃度制御因子を新たに最適化する場合、放置バンディング現象によって生じるパッチ画像の濃度ムラがこの最適化処理に影響を与えるおそれがある。

そこで、この実施形態の画像形成装置では、パッチ画像を形成するのに先立って放置バンディング現象を解消するため、各現像ローラ 4 4 の空回しを行っている。具体的には、第 10 図の右側のフロー（ブレ動作 2）に示すように、まずイエロー現像器 4 Y を感光体 2 と対向する現像位置に配置し（ステップ S 2 5）、直流現像バイアス V_{avg} をその可変範囲においてその絶対値が最小となる値に設定した後に（ステップ S 2 6）、本体側の回転駆動部により現像ローラ 4 4 を少なくとも 1 周回転させる（ステップ S 2 7）。そして、現像ユニット 4 を回転させて現像器を切り換えながら（ステップ S 2 8）、他の現像器 4 C、4 M、4 K を順番に現像位置に位置させて、それぞれに設けられた現像ローラ 4 4 を同様に 1 周以上回転させる。こうして各現像ローラ 4 4 をそれぞれ 1 周以上空回しすることによって現像ローラ 4 4 表面のトナー層が供給ローラ 4 3 および規制ブレード 4 5 によりいったん剥ぎ取られて再形成されることとなり、引き続いて形成するパッチ画像ではこのように再形成されてより均一な状態のトナー層が像形成に供されるため、放置バンディング現象による濃度ムラは発生し難くなる。

なお、上記したブレ動作 2 においては、そのステップ S 2 6 において直流現像バイアス V_{avg} をその絶対値が最小となるようにしている。その理由は以下のとおりである。

後述するように、画像濃度に影響を与える濃度制御因子としての直流現像バイアス V_{avg} は、その絶対値 $|V_{avg}|$ が大きいほど形成されるトナー像の濃度が高くなる。これは、直流現像バイアスの絶対値 $|V_{avg}|$ が大きくなるほど、感光体

2上の静電潜像のうち光ビームLにより露光された領域、つまりトナーを付着させるべき表面領域と現像ローラ44との電位差が大きくなって現像ローラ44からのトナー移動がより促進されるからであるが、中間転写ベルト71の下地プロフィールを取得する際にはこのようなトナー移動が起こることは好ましくない。というのは、現像ローラ44から感光体2に移動したトナーが一次転写領域TR1において中間転写ベルト71上に転写されると中間転写ベルト71からの反射光量を変化させてしまうため、下地プロフィールを正しく求めることができなくなるからである。

この実施形態では、後述するように、直流現像バイアス V_{avg} を濃度制御因子の1つとして所定の可変範囲で多段階に変更設定可能としている。そこで、直流現像バイアス V_{avg} をその可変範囲においてその絶対値が最小となる値に設定し、現像ローラ44から感光体2へのトナー移動が最も起こりにくい状態を実現することで、中間転写ベルト71へのトナー付着を最少限に抑えるようにしている。同様の理由により、現像バイアスに交流成分を有する装置においてはその振幅を通常の画像形成時より小さく設定することが好ましい。例えば、前述したように、現像バイアスの振幅 V_{pp} を1400Vとしている装置では、この振幅 V_{pp} を1000V程度とするとよい。なお、直流現像バイアス V_{avg} 以外のパラメータ、例えば現像バイアスのデューティ比や帯電バイアス等を濃度制御因子として用いる装置においても、上記したトナー移動がより起こりにくい条件を実現するように適宜その濃度制御因子を設定するのが好ましい。

また、この実施形態では、上記したブレ動作1およびブレ動作2を並行して同時に実行することで処理時間の短縮を図っている。すなわち、ブレ動作1では下地プロフィールを取得するため中間転写ベルト71の少なくとも1周、さらに望ましくはセンサ校正を行うための2周を含めた3週の周回が必要である一方、ブレ動作2においては各現像ローラ44をできるだけ多く周回させるのが好ましく、しかも、これらの動作は互いに独立して行うことが可能であることから、これらを並行して行うことでそれぞれの処理に要する時間を確保しつつ、最適化処理全体に要する時間を短縮することが可能となる。

(C) 制御目標値の導出

この実施形態の画像形成装置では、後述するように、パッチ画像として２種類のトナー像を形成し、その濃度が予め定められた濃度目標値となるように各濃度制御因子の調節を行っているが、この目標値を一定とはせず、装置の稼動状況に応じて変更するようにしている。その理由は以下の通りである。

前述したように、この実施形態の画像形成装置では、感光体２上で顕像化されて中間転写ベルト７１の表面に一次転写されたトナー像からの反射光量を検出することでその画像濃度を見積もっている。このようにトナー像の反射光量から画像濃度を求める技術は従来より広く用いられているが、以下に詳述するように、このような中間転写ベルト７１上に担持されたトナー像からの反射光量（またはそれに対応する濃度センサ６０からのセンサ出力 V_p 、 V_s ）と、最終的な転写材であるシートＳ上に形成されたトナー像の光学濃度（ＯＤ値）との対応関係は一意的に定まるわけではなく、装置やトナーの状態により微妙に変化している。そのため、従来技術のように、たとえ各濃度制御因子をトナー像からの反射光量が一定となるように制御したとしても、シートＳ上に最終的に形成される画像の濃度はトナーの状態により変動してしまうこととなる。

このようにセンサ出力とシートＳ上のＯＤ値とが一致しない原因の一つは、定着プロセスを経てシートＳ上に融着されたトナーと、定着されず単に中間転写ベルト７１表面に付着しているだけのトナーとでその反射の状態が異なることである。第１４図はトナーの粒径と反射光量との関係を示す模式図である。第１４図（ａ）に示すように、最終的にシートＳ上に得られた画像 I_s では、定着プロセスでの加熱・加圧によって熔融されたトナー T_m がシートＳに融着した状態となっている。したがって、その光学濃度（ＯＤ値）はトナーが融着した状態での反射光量を反映したものとなるが、その大小は主としてシートＳ上のトナー密度（例えば、単位面積あたりのトナー質量で表すことができる）によって決まることとなる。

これに対して、定着プロセスを経ない中間転写ベルト７１上のトナー像では各トナー粒子が個別に中間転写ベルト７１表面に付着しているに過ぎない。したがって、たとえトナー密度が同じ（つまり定着後のＯＤ値は等しい）であったとしても、例えば第１４図（ｂ）に示す粒径の小さなトナー T_1 が高密度に付着して

いる状態と、第 14 図 (c) に示す粒径の大きなトナー T2 がより低密度に付着して中間転写ベルト 71 の表面が部分的に露出した状態とでは、その反射光量は必ずしも同じにはならない。言い換えれば、定着前のトナー像からの反射光量が同じであっても定着後の画像濃度 (OD 値) が同じになるとは限らない。一般には、反射光量が等しい場合、トナー像を構成するトナー粒子中に占める大粒径トナーの比率が高いと定着後の画像濃度が高くなる傾向にあることが本願発明者の実験によりわかっている。

このように、シート S 上での OD 値と中間転写ベルト 71 上でのトナー像からの反射光量との対応はトナーの状態、特にその粒径分布によって変化する。第 15 図はトナーの粒径分布と OD 値の変化との対応を示す図である。トナー像を形成すべく各現像器に收容されているトナー粒子はその粒径が全て設計中心値に揃っているのが理想である。しかしながら、第 15 図 (a) に示すように、実際にはその粒径は様々な態様の分布を有しており、その態様はトナーの種類や製法によって異なるのはもちろんのこと、同一の仕様で製造したトナーであってもその製造ロット毎、製品毎に微妙に異なっている。

これら様々な粒径のトナーはその質量や帯電量が異なるため、このような粒径分布を有するトナーを用いて画像形成を行うと、これらのトナーが一様に消費されるわけではなく、その装置により適合した粒径のトナーが選択的に消費される一方、それ以外のトナーはあまり消費されず現像器内に残ることとなる。したがって、トナー消費が進むにつれて現像器内に残るトナーの粒径分布も変化してゆくこととなる。

前述したように、定着前のトナー像からの反射光量は像を構成するトナーの粒径によって変化するから、この反射光量が常に一定となるように各濃度制御因子を調節したとしても、シート S 上に定着された後の画像濃度は必ずしも一定とはならない。第 15 図 (b) は、トナー像からの反射光量が一定となるように、つまり濃度センサ 60 からの出力電圧が一定となるように各濃度制御因子を制御しながら画像形成を行った場合のシート S 上における画像の光学濃度 (OD 値) の変化を示している。例えば、第 15 図 (a) に示す曲線 a のように、トナーの粒径が設計上の中心値付近によく揃っている場合には、第 15 図 (b) の曲線 a の

ように、現像器内のトナー消費が進んでもOD値はほぼ目標値に保たれる。これに対し、例えば第15図(a)の曲線bに示すように、より幅広い粒径分布を有するトナーを用いた場合には、第15図(b)の曲線bに示すように、当初は設計中心値付近の粒径のトナーが主に消費されてほぼ目標値どおりのOD値が得られるものの、トナー消費が進むにつれてこのようなトナーの割合が減少し、代わってより粒径の大きなトナーが画像形成に使われるようになるためOD値が次第に上昇する。さらに、第15図(a)の各点線で示すように、トナーまたは現像器の製造ロットによっては分布の中央値が当初より設計値からずれている場合もあり、これに対応してシートS上のOD値も、第15図(b)の各点線に示すように、トナー消費量の増加とともに様々な変化を示すこととなる。

このようにトナーの特性を左右する要因としては、上記したトナーの粒径分布以外にも、例えばトナー母粒子内の顔料の分散の状態や、トナー母粒子と外添剤との混合の状態によるトナーの帯電性の変化などがある。このようにトナー特性が製品毎に微妙に異なっているため、シートS上での画像濃度は必ずしも一定とはならず、使用するトナーにより濃度変化の程度はまちまちである。したがって、濃度センサからの出力電圧が一定となるように各濃度制御因子を制御する従来の画像形成装置においては、トナー特性のばらつきによる画像濃度の変動が避けられず、必ずしも満足できる画像品質が得られないことがあった。

そこで、この実施形態では、装置の稼動状況に応じ、後述する2種のバッチ画像それぞれについて、濃度センサ60からの出力に基づいて算出されて画像濃度を表す尺度となる画像濃度の評価値(後述)の制御目標値を設定し、各バッチ画像について得られる評価値がこの制御目標値となるように各濃度制御因子を調節することで、シートS上での画像濃度が一定に保たれるようにしている。第16図はこの実施形態における制御目標値の導出プロセスを示すフローチャートである。このプロセスでは、各トナー色毎に、そのトナーの使用状況、具体的には、現像器に充填されたトナーの粒径分布等の初期特性と、該現像器に残存しているトナーの量とに見合った制御目標値を求めている。まずトナー色の1つを選択し(ステップS31)、CPU101が該トナーの使用状況を推定するための情報として、選択トナー色に関するトナー個性情報、露光ユニット6により形成された

ドットの数を示すドットカウント値および現像ローラ回転時間に関する情報を取得する（ステップS 3 2）。ここでは、ブラック色に対応した制御目標値を求める場合を例として説明するが、他のトナー色についても同様である。

「トナー個性情報」とは、現像器 4 K に充填されたトナーの特性を表す情報である。この装置では、上記したトナーの粒径分布等の諸特性が製造ロット等により異なることに鑑みてトナーの特性を 8 種のタイプに分類している。そして、現像器内のトナーがどのタイプに属するかによって、後述する複数のルックアップテーブルのうち制御目標値を決定する際に参照すべき 1 つのテーブルを選択する。

また、「ドットカウント値」は、現像器 4 K 内に残存しているトナーの量を推定するための情報である。トナーの残量を推定する方法としては画像形成枚数の積算値から求めるのが最も簡便であるが、1 枚の画像を形成することで消費されるトナーの量は一定ではないからこの方法では正確な残量を知ることは難しい。一方、露光ユニット 6 が感光体 2 上に形成したドット数は、感光体 2 上でトナーにより顕像化されるドットの数を表しているから、トナーの消費量をより正確に反映したものとなる。そこで、この実施形態では、当該現像器 4 K で現像されるべき感光体 2 上の静電潜像を露光ユニット 6 が形成したときのドット数をカウントして R A M 1 0 7 に記憶しておき、このドットカウント値を、該現像器 4 K のトナー残量を示すパラメータとしている。

さらに、「現像ローラ回転時間」は、現像器 4 K 内に残存しているトナーの特性をより詳しく推定するための情報である。前述したように、現像ローラ 4 4 表面にはトナー層が形成されており、そのうちの一部のトナーが感光体 2 上に移動することで現像が行われる。このとき、現像ローラ 4 4 表面では、現像に寄与しなかったトナーは供給ローラ 4 3 との当接位置まで搬送され、該ローラ 4 3 により剥ぎ取られて新たなトナー層が形成されるのであるが、こうして現像ローラ 4 4 への付着、剥離が繰り返されることでトナーが疲労し、その特性は次第に変化してゆく。このようなトナーの特性変化は、現像ローラ 4 4 が回転を重ねるにつれて進行する。したがって、例えば、現像器 4 K 内のトナー残量は同じであっても、未使用のフレッシュなトナーと何度も付着、剥離を繰り返した古いトナーとではその特性が異なっていることがあり、これらを用いて形成した画像の濃度は必ず

しも同じにはならない。

そこで、この実施形態では、トナー残量を示すドットカウント値と、トナーの特性変化の程度を示す現像ローラ回転時間との2つのパラメータの組み合わせに基づいて現像器4Kに内蔵されたトナーの状態を推定し、その状態に合わせてきめ細かく制御目標値を設定することで画質の安定化を図っている。

なお、これらの情報は装置各部の損耗状況を管理してメンテナンス性を高めるためにも用いられる。すなわち、1ドットカウントは0.015mgのトナー量に相当しており、12000000ドットカウントでその消費量はほぼ180gとなって各現像器内に貯留されたトナーのほとんどを使い切った状態となる。また現像ローラの回転時間については、その積算値10600secがA4サイズでの連続印字で8000枚に相当しており、画像形成をこれ以上続けるのは画像品質の点で好ましくない。そこで、この実施形態では、これらの情報のいずれかが上記の値に達したときには、図示を省略する表示部にトナーエンドを報知する旨のメッセージを表示し、ユーザに対し現像器の交換を促すようにしている。

さて、こうして取得した装置の稼動状況に関する各情報から、その状況に応じた制御目標値を定める。この実施形態では、トナーのタイプを表すトナー個性情報と、ドットカウント値および現像ローラ回転時間の組み合わせから推定される残存トナーの特性とに応じた最適な制御目標値が予め実験的に求められており、この値はトナーのタイプ毎のルックアップテーブルとしてエンジンコントローラ10のROM106に記憶されている。CPU101は、トナー個性情報に基づいてこれらのルックアップテーブルのうちトナーのタイプに対応して参照すべき1つのテーブルを選択し(ステップS33)、その時点でのドットカウント値と現像ローラ回転時間との組み合わせに対応する値をそのテーブルから読み出す(ステップS34)。

また、この実施形態の画像形成装置では、図示しない操作部によりユーザが所定の操作入力を行うことによって、形成する画像の濃度を好みに応じて、または必要に応じて所定の範囲で増減できるように構成されている。すなわち、上記ルックアップテーブルから読み出された値に対して、ユーザが画像濃度を1段階増加または減少する毎に所定のオフセット値、例えば1段階あたり0.005が加

算または減算され、その結果がそのときのブラック色に対する制御目標値 A_{kt} として設定されて $RAM\ 107$ に記憶される (ステップ $S\ 35$)。こうしてブラック色における制御目標値 A_{kt} が求まる。

第 17 図は制御目標値を求めるルックアップテーブルの例を示す図である。このテーブルは、ブラック色でその特性が「タイプ 0」に属するトナーを使用する場合に参照されるテーブルである。この実施形態では、後述する高濃度用、低濃度用の 2 種類のバッチ画像のそれぞれに対応して、各トナー色毎に、8 タイプのトナー特性に対応する 8 種のテーブルが用意されて、エンジンコントローラ 10 に設けられた $ROM\ 106$ に記憶されている。ここで、第 17 図 (a) は、高濃度用バッチ画像に対応したテーブルの一例であり、また第 17 図 (b) は、低濃度用バッチ画像に対応したテーブルの一例である。

トナー個性情報が、例えば「タイプ 0」を示すものであったとすると、ステップ $S\ 33$ では、8 種のテーブルの中からトナー個性情報「0」に対応する第 17 図のテーブルが選択される。そして、取得したドットカウント値と現像ローラ回転時間とに基づき制御目標値 A_{kt} が求められる。例えば、高濃度用バッチ画像については、ドットカウント値が 1500000 カウント、現像ローラ回転時間が 2000 sec であれば、第 17 図 (a) を参照して、これらの組み合わせに相当する値 0.984 がこの場合の制御目標値 A_{kt} である。さらに、例えばユーザが画像濃度をその標準状態より 1 段階高く設定している場合には、この値に 0.005 を加算した値 0.989 が制御目標値 A_{kt} となる。同様にして、低濃度用バッチ画像についての制御目標値も求めることができる。

このようにして求めた制御目標値 A_{kt} についてはエンジンコントローラ 10 の $RAM\ 107$ に記憶しておき、以後の各濃度制御因子の設定においてはバッチ画像の反射光量に基づき求められる評価値がこの制御目標値に一致するようにする。

このように、上記ステップ $S\ 31 \sim S\ 35$ を実行することにより一のトナー色についての制御目標値が求まるが、各トナー色について上記処理を繰り返すことで (ステップ $S\ 36$)、全てのトナー色についてその制御目標値 A_{yt} 、 A_{ct} 、 A_{mt} および A_{kt} が求まる。ここで、添字 y 、 c 、 m および k は各トナー色すなわ

ちイエロー、シアン、マゼンタおよびブラックをそれぞれ表し、また添字 τ は制御目標値であることを表すものである。

(D) 現像バイアス設定

この画像形成装置では、現像ローラ 44 に与える直流現像バイアス V_{avg} と、感光体 2 を露光する露光ビーム L の単位面積当たりのエネルギー（以下、単に「露光エネルギー」という） E とを可変としており、これらを調節することで画像濃度の制御を行っている。ここでは、直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を低レベル側から V_0 ないし V_5 の 6 段階、また露光エネルギー E の可変範囲を低レベル側からレベル 0 ないし 3 の 4 段階に変更設定してそれぞれの最適値を求める場合について説明するが、これらの可変範囲およびその分割数についてはその装置の仕様に依じて適宜改変することができる。なお、先に述べた直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を $(-110) V \sim (-330) V$ としている装置では、最も低レベルの V_0 は電圧の絶対値が最も小さい $(-110) V$ に、また最も高レベルの V_5 は電圧の絶対値が最も大きい $(-330) V$ にそれぞれ相当する。

第 18 図はこの実施形態における現像バイアス設定処理を示すフローチャートである。また、第 19 図は高濃度用パッチ画像を示す図である。この処理では、まず露光エネルギー E をレベル 2 に設定し（ステップ S 41）、次いで直流現像バイアス V_{avg} を最小レベルの V_0 から 1 レベルずつ増加させながら、各バイアス値で高濃度用パッチ画像としてのベタ画像を形成する（ステップ S 42、S 43）。

6 段階に変更設定される直流現像バイアス V_{avg} に対応して、第 19 図に示すように、中間転写ベルト 71 の表面には 6 個のパッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v5}$ が順次形成されるが、このうち先頭から 5 個のパッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v4}$ は長さ L_1 に形成される。この長さ L_1 は、円筒形の感光体 2 の周長よりも長くなるように構成されている。一方、最後のパッチ画像 I_{v5} は感光体 2 の周長より短い長さ L_3 に形成される。このようにする理由は後に詳述する。また、直流現像バイアス V_{avg} を変更設定したとき、現像ローラ 44 の電位が均一になるまでには若干の時間遅れがあるので、この時間遅れを見込んで各パッチ画像は間隔 L_2 を隔てて形成される。中間転写ベルト 71 表面のうち、実際にトナー像を担持可能な領域は同図に示す像形成領域 710 であるが、パッチ画像の形状および配置を上記のように構成し

ているため、像形成領域 710 に形成することのできるパッチ画像は 3 個程度となり、6 個のパッチ画像は、第 19 図のように中間転写ベルト 71 の 2 周分にわたって形成される。

ここで、パッチ画像の長さを上記のように設定している理由について、第 1 図および第 20 図を参照しつつ説明する。第 20 図は感光体周期で生じる画像濃度の変動を示す図である。第 1 図に示すように、感光体 2 は円筒形に形成されている（その周長を L_0 とする）が、製造上のばらつきや熱変形等に起因して、その形状が完全な円筒でなかったり偏心を有する場合があります、このような場合、形成されるトナー像の画像濃度に感光体 2 の周長 L_0 に対応した周期的な変動を生じることがある。というのは、感光体 2 と現像ローラ 44 とが当接した状態でトナー現像が行われる接触現像方式の装置では両者間の当接圧が変動し、また両者が離間配置されてトナー現像が行われる非接触現像方式の装置では両者間にトナーを飛翔させる電界の強度が変化し、いずれの装置においても現像ローラ 44 から感光体 2 へトナーが移動する確率が感光体 2 の回転周期で周期的に変動することとなるからである。

この濃度変動の幅は、第 20 図 (a) に示すように、特に直流現像バイアス V_{avg} の絶対値 $|V_{avg}|$ が比較的低い場合に大きく、この値 $|V_{avg}|$ が大きくなるにつれて小さくなる。例えば、直流現像バイアスの絶対値 $|V_{avg}|$ を比較的小さい値 V_a に設定してパッチ画像を形成すると、第 20 図 (b) に示すように、その画像濃度 OD は感光体 2 上での位置によって幅 $\Delta 1$ の範囲で変化することとなる。同様に、他の直流現像バイアスでパッチ画像を形成した場合でも、その画像濃度は第 20 図 (b) の斜線部に示すようにある範囲で変動する。このように、パッチ画像の濃度 OD は直流現像バイアス V_{avg} の大きさだけでなく、その感光体 2 上への形成位置によっても変動する。したがって、その画像濃度から直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求めるためには、パッチ画像に及ぼす上記感光体 2 の回転周期に対応した濃度変動の影響を排除する必要がある。

そこで、この実施形態では、感光体 2 の周長 L_0 を超える長さ L_1 のパッチ画像を形成し、後述するようにそのうちの長さ L_0 分について求めた濃度の平均値を該パッチ画像の画像濃度としている。こうすることによって、各パッチ画像の

濃度に及ぼす感光体 2 の回転周期に対応する濃度変動の影響を効果的に抑制しており、その結果、その濃度に基づいて直流現像バイアス V_{avg} の最適値を適正に求めることが可能となっている。

なお、この実施形態では、第 19 図に示すように、各パッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v5}$ のうち、直流現像バイアス V_{avg} を最大として形成する最後のパッチ画像 I_{v5} については、その長さ $L3$ を感光体 2 の周長 $L0$ より小さくしている。これは、第 20 図 (b) に示すように、直流現像バイアスの絶対値 $|V_{avg}|$ が大きい条件で形成したパッチ画像では感光体 2 の回転周期に対応した濃度変動が小さいため上記のように感光体周期にわたる平均値を求める必要がないからであるが、こうすることでパッチ画像の形成およびその処理に要する時間を短縮するとともに、パッチ画像形成におけるトナー消費量を低減することが可能である。

このように、感光体周期に対応して生じる濃度変動が濃度制御因子の最適化処理に及ぼす影響を排除するためにはパッチ画像の長さを感光体 2 の周長 $L0$ より長く形成することが望ましいが、必ずしも全てのパッチ画像をこのような長さとする必要はなく、何個のパッチ画像をこのような長さとするかは各装置において現れる濃度変動の程度や求められる画像品質のレベルに応じて適宜決定されるべきものである。例えば、感光体周期での濃度変動の影響が比較的小さい場合には、直流現像バイアス V_{avg} が最小の条件で形成されるパッチ画像 I_{v0} のみを長さ $L1$ として、他のパッチ画像 $I_{v1} \sim I_{v5}$ についてはこれより短い長さ $L3$ に形成するようにしてもよい。

逆に、全てのパッチ画像を長さ $L1$ に形成してもよいが、この場合には処理時間およびトナー消費量が増大するという問題がある。また直流現像バイアス V_{avg} を最大とした状態でも感光体周期に対応した濃度変動が現れるのは画像品質の観点から好ましくなく、少なくともその最大値に設定したときにはこのような濃度変動が現れないように、直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を定めるのが本来的である。そして、そのように直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を設定した場合には、少なくともその最大値においてこのような濃度変動は現れないから、この場合のパッチ画像の長さを $L1$ とする必要はない。

第 18 図に戻って、現像バイアス設定処理の説明を続ける。こうして各直流現

像バイアスで形成したパッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v5}$ については、その表面からの反射光量に対応して濃度センサ 60 から出力される電圧 V_p 、 V_s をサンプリングする（ステップ S 44）。この実施形態では、長さ $L1$ のパッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v4}$ では 74 点（感光体 2 の周長 $L0$ に相当する）、また長さ $L3$ のパッチ画像 I_{v5} では 21 点（現像ローラ 44 の周長に相当する）について、サンプリング周期 8 msec で濃度センサ 60 からの出力電圧 V_p 、 V_s のサンプルデータを得ている。そして、前述した下地プロファイルの導出時（第 10 図）と同様にして、サンプルデータからスパイクノイズを除去した後（ステップ S 45）、そのデータからセンサ系の暗出力や下地プロファイルの影響を除いた各パッチ画像の「評価値」を算出する（ステップ S 46）。ただし、上述した長さ $L1$ のパッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v4}$ については、74 サンプルのうち値の大きいものおよび小さいものから順にそれぞれ 10 サンプルずつを除去してスパイクノイズ除去を行う。

前述したように、この装置における濃度センサ 60 は、中間転写ベルト 71 にトナーが付着していない状態での出力レベルが最も大きく、トナー量が多くなるにつれてその出力が小さくなるという特性を示す。さらに、この出力には暗出力によるオフセットも加わっているから、このセンサからの出力電圧データのままではトナー付着量を評価する情報として扱い難い。そこで、この実施形態では、得られたデータを加工してよりトナー付着量の大小を反映したデータ、すなわち評価値に変換し、以後の処理を容易に行えるようにしている。

この評価値の算出方法について、ブラックトナー色によるパッチ画像を例としてより具体的に説明する。ブラックトナーにより現像された 6 個のパッチ画像のうち、第 n 番目のパッチ画像 I_{vn} （ただし、 $n = 0, 1, \dots, 5$ ）の評価値 $A_k(n)$ については、以下の式：

$$A_k(n) = 1 - \{Dp_avek(n) - V_{p0}\} / \{Tp_ave - V_{p0}\} \quad \dots (1.2)$$

に基づき、算出する。ここで、上式の各項の意味はそれぞれ以下のとおりである。

まず、 $Dp_avek(n)$ は、第 n 番目のパッチ画像 I_{vn} からの反射光のうち p 偏光成分に対応する出力電圧 V_p として濃度センサ 60 から出力され、サンプリングされた各サンプルデータのノイズ除去後の平均値である。すなわち、例えば最初のパッチ画像 I_{v0} に対応する値 $Dp_avek(0)$ は、該パッチ画像のうちの長さ $L0$

分において濃度センサ 60 からの出力電圧 V_p として検出された後スパイクノイズ除去処理を施されて RAM 107 に記憶された 74 個のサンプルデータの算術平均である。なお、上式における各項の添字 k は、ブラック色についての値であることを表すものである。

また、 V_{p0} は、先のプレ動作 1 において発光素子 601 を消灯した状態で取得した受光ユニット 670 p からの暗出力電圧である。このように、サンプリングされた出力電圧から暗出力電圧 V_{p0} を差し引くことにより、暗出力の影響を排除してより高精度にトナー像の濃度を求めることが可能である。

さらに、 Tp_ave は、先に求められ RAM 107 に記憶されている下地プロフィールデータのうち、中間転写ベルト 71 上において上記 $Dp_avek(n)$ の算出に用いた 74 個の各サンプルデータが検出されたのと同じ位置で検出された各サンプルデータの平均値である。

つまり、ブラック色における第 n 番目のパッチ画像 I_{vn} に対する評価値 $Ak(n)$ とは、トナーが付着する前の中間転写ベルト 71 の表面から得られたセンサ出力 V_p の平均値と、トナーの付着したパッチ画像 I_{vn} から得られたセンサ出力 V_p の平均値とのそれぞれからセンサの暗出力を差し引いた後に両者の比を取り、その値を 1 から減じたものである。したがって、パッチ画像としてのトナーが中間転写ベルト 71 に全く付着しない状態では $Dp_avek(n) = Tp_ave$ となって評価値 $Ak(n)$ がゼロとなる一方、中間転写ベルト 71 の表面がブラックトナーにより完全に覆われて反射率がゼロとなった状態では $Dp_avek(n) = V_{p0}$ となって評価値 $Ak(n) = 1$ となる。

このように、センサ出力電圧 V_p の値をそのまま用いるのではなく評価値 $Ak(n)$ を用いると、中間転写ベルト 71 の表面状態による影響をキャンセルしてパッチ画像の画像濃度を高精度に測定することができる。また、中間転写ベルト 71 上のパッチ画像の濃淡に応じて補正されているため、画像濃度の測定精度をさらに向上させることができる。さらに、トナーが付着しない状態を表す最小値 0 から中間転写ベルト 71 の表面が高密度のトナーに覆われた状態を表す最大値 1 までの値でパッチ画像 I_{vn} の濃度を正規化して表すことができるので、以後の処理においてトナー像の濃度を見積もるのに好都合である。

なお、ブラック以外のトナー色、すなわちイエロー色（Y）、シアン色（C）およびマゼンタ色（M）については、ブラック色より反射率が高くトナーが中間転写ベルト 71 の表面を覆った状態でもその反射光量はゼロではないから、上記により求めた評価値ではその濃度を精度よく表すことができない場合がある。そこで、この実施形態では、これらのトナー色に対する評価値 $A_y(n)$ 、 $A_c(n)$ 、 $A_m(n)$ を求めるに際して用いるサンプルデータとして p 偏光成分に対応した出力電圧 V_p ではなく、これから暗出力 V_{p0} を差し引いた値を、s 偏光成分に対応した出力電圧 V_s からその暗出力 V_{s0} を差し引いた値で除した値 D_{ps} 、すなわち、

$$D_{ps} = (V_p - V_{p0}) / (V_s - V_{s0}) \quad \dots (1-3)$$

を各位置におけるサンプルデータとして用いることにより、これらのトナー色についても精度よくその画像濃度を見積もることを可能としている。また、ブラック色の場合と同様に、トナーが付着する前の中間転写ベルト 71 の表面から得られたセンサ出力を考慮することで、中間転写ベルト 71 の表面状態による影響をキャンセルし、また中間転写ベルト 71 上のパッチ画像の濃淡に応じて補正されているため、画像濃度の測定精度を向上させることができる。

例えばシアン色（C）に対しては、その評価値 $A_c(n)$ は、次式：

$$A_c(n) = 1 - \{D_{ps_avec}(n) - D_{ps}(\text{color})\} / \{T_{ps_ave} - D_{ps}(\text{color})\} \quad \dots (1-4)$$

により求めることができる。ここで、 $D_{ps_avec}(n)$ は、シアン色における第 n 番目のパッチ画像 I_{vn} の各位置におけるセンサ出力 V_p 、 V_s に基づいて求めた上式(1-3)に示す値 D_{ps} のノイズ除去後の平均値である。また、 $D_{ps}(\text{color})$ は、中間転写ベルト 71 の表面がカラートナーにより完全に覆われた状態でのセンサ出力 V_p 、 V_s に対応する上記値 D_{ps} であり、この値 D_{ps} が取りうる最小値である。さらに、 T_{ps_ave} は、中間転写ベルト 71 上の各位置において下地プロフィールとしてサンプリングしたセンサ出力 V_p 、 V_s に基づき求めた上記値 D_{ps} の平均値である。

カラートナーに対応する評価値を上記のように定義することによって、先に述べたブラック色の場合と同様に、中間転写ベルト 71 にトナーが全く付着しない状態（このとき、 $D_{ps_avec}(n) = T_{ps_ave}$ ）を表す最小値 0 から該ベルト 71 が

完全にトナーに覆われた状態（このとき、 $Dps_avec(n) = Dps(color)$ ）を表す最大値 1 までの値でパッチ画像 I_{vn} の濃度を正規化して表すことができる。

こうして各パッチ画像の濃度（より正確にはその評価値）が求まると、その値に基づいて直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} を算出する（ステップ S 4 7）。第 2 1 図は、この実施形態における直流現像バイアスの最適値算出処理を示すフローチャートである。なお、この処理の内容はトナー色によらず同一であるため、第 2 1 図および下記においてはトナー色に対応する評価値の添字（y、c、m、k）を省略しているが、評価値およびその目標値については各トナー色毎に異なる値であることはいうまでもない。

まず、変数 n を 0 に設定し（ステップ S 4 7 1）、評価値 $A(n)$ 、すなわち $A(0)$ と、先に求めた制御目標値 A_t （例えばブラック色においては A_{kt} ）とを比較する（ステップ S 4 7 2）。このとき、評価値 $A(0)$ が制御目標値 A_t 以上であれば、直流現像バイアス V_{avg} の最小値 V_0 において目標濃度を超える画像濃度が得られていることを意味しているから、これより高い現像バイアスについては検討するまでもなく、このときの直流現像バイアス V_0 を最適値 V_{op} として処理を終了する（ステップ S 4 7 7）。

これに対して、評価値 $A(0)$ が目標値 A_t に達していないときには、1 レベル高い直流現像バイアス V_1 において形成したパッチ画像 I_{v1} についての評価値 $A(1)$ を読み出し、評価値 $A(0)$ との差を求めるとともに、その差が所定の値 Δa 以下であるか否かを判断する（ステップ S 4 7 3）。ここで、両者の差が所定の値 Δa 以下である場合には、上記と同様に直流現像バイアス V_0 をその最適値 V_{op} とする。このようにする理由は後に詳述する。

一方、両者の差が所定の値 Δa より大きい場合にはステップ S 4 7 4 に進み、評価値 $A(1)$ と制御目標値 A_t とを比較する。このとき、評価値 $A(1)$ が目標値 A_t 以上であれば、目標値 A_t は評価値 $A(0)$ より大きくかつ $A(1)$ 以下、すなわち $A(0) < A_t \leq A(1)$ であるから、直流現像バイアス V_0 と V_1 との間に目標の画像濃度を得るための直流現像バイアスの最適値 V_{op} が存在することになる。すなわち、 $V_0 < V_{op} \leq V_1$ である。

そこで、このような場合にはステップ S 4 7 8 に進み、計算により最適値 V_{op}

を求める。この計算方法としては種々の方法が考えられるが、例えば直流現像バイアス V_{avg} に対する評価値の変化を V_0 ないし V_1 の区間で適当な関数に近似し、その関数の値が目標値 A_t となるような直流現像バイアス V_{avg} をその最適値 V_{op} としてもよい。このうち評価値の変化を直線で近似する方法が最も簡単であるが、直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を適当に選ぶことによって十分な精度で最適値 V_{op} を求めることが可能である。もちろんこれ以外の方法、例えばより精確な近似関数を導入して最適値 V_{op} を算出するようにしてもよいが、装置の検出誤差やばらつき等を考慮すると必ずしも現実的でない。

一方、ステップ S 4 7 4 において評価値 $A(1)$ より目標値 A_t の方が大きい場合には、 n を 1 だけインクリメントし（ステップ S 4 7 5）、 n が最大値となるまで（ステップ S 4 7 6）上記したステップ S 4 7 3～S 4 7 5 を繰り返して直流現像バイアスの最適値 V_{op} を求めるが、ステップ S 4 7 6 において n が最大値（ $n = 5$ ）となっても最適値 V_{op} が求まらなかった、つまり 6 つのバッチ画像に対応する評価値のいずれもが目標値に達していなかったときには、濃度が最大となる直流現像バイアス V_5 を最適値 V_{op} とする（ステップ S 4 7 7）。

このように、この実施形態では、各バッチ画像 $I_{v0} \sim I_{v5}$ に対応する評価値 $A(0) \sim A(5)$ のそれぞれと目標値 A_t とを比較し、その大小関係に基づいて、目標濃度を得るための直流現像バイアスの最適値 V_{op} を求めているが、上記したように、ステップ S 4 7 3 においては、連続する 2 つのバッチ画像に対応する評価値 $A(n)$ と $A(n+1)$ との差が所定値 Δa 以下であるときには直流現像バイアス V_n を最適値 V_{op} とするようになっている。その理由について以下に説明する。

第 2 2 図は、直流現像バイアスとベタ画像についての評価値との関係を示すグラフである。第 2 2 図 (a) の曲線 a は、検出誤差のない本来の関係を示している。このように、直流現像バイアスの絶対値 $|V_{avg}|$ が大きくなるにつれてベタ画像についての評価値は増加するが、直流現像バイアス V_{avg} が比較的大きい領域ではその変化率は小さくなり、次第に飽和するという特性を示す。これは、ある程度高密度にトナーが付着すると、それ以上にトナー付着量を多くしても画像濃度はあまり増加しないからである。このように画像濃度の変化が小さくなると評価値の変化も小さくなるから、曲線 a の傾きも直流現像バイアス $|V_{avg}|$ が大

きくなるにつれ小さくなる。なお、以下では、第 2 2 図 (a) に示す直流現像バイアス V_{avg} と評価値との対応を表す曲線 a、b 等を単に「評価値曲線」と称することとする。

このような関係の下、センサ出力 V_p 、 V_s に基づいて上記したようにバッチ画像についての評価値を求める場合、もしセンサ出力に検出誤差が含まれていなければ、直流現像バイアス V_{avg} の各値 V_0 、 V_1 、…で形成された各バッチ画像についての評価値は第 2 2 図 (a) の白丸印で示す値をそれぞれ取るはずである。一方、濃度センサ 60 の特性ばらつき等に起因して、センサ出力 V_p 、 V_s に検出誤差が含まれる場合がある。例えば、センサ出力 V_p が本来の値よりわずかに高電位側にずれて出力される傾向があるとき、この出力 V_p に基づき求めた評価値は、第 2 2 図 (a) の曲線 b および斜線を付した丸印に示すように、本来の値よりわずかに小さな値となる。また、先に述べたトナー特性のばらつきにより、センサ出力に基づき求めた評価値が本来の画像濃度と一致しない場合もある。このように、センサ出力に基づいてバッチ画像の画像濃度を間接的に求める場合、その結果と実際の画像濃度との間に齟齬を生じることがある。

さて、こうして求めたバッチ画像の評価値に基づき直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} を求める場合について検討する。第 2 2 図 (b) は、第 2 2 図 (a) に示すグラフの部分拡大図である。直流現像バイアス V_{avg} としては、ベタ画像についての評価値がその制御目標値 A_t と一致するときの値をその最適値とすればよいから、検出誤差がなければ、第 2 2 図 (b) に示すように、評価値曲線 a と、制御目標値 A_t を表す直線 c との交点に対応する直流現像バイアス V_t をその最適値とすればよい。この例では、直流現像バイアスの最適値は直流現像バイアス V_3 、 V_4 の中間の値となるはずである。

しかし、実際には、センサ出力から求めた評価値には検出誤差が不可避免的に含まれており、例えば上記したようにセンサの特性ばらつきにより評価値が本来の値より低く出る傾向にある場合、評価値曲線は第 2 2 図 (b) の曲線 b のようになる。したがって、この場合、この曲線 b と直線 c との交点に対応する直流現像バイアス V_f をその最適値とすると、この値 V_f は本来の最適値 V_t とは大きく異なったものとなってしまう。

このように、直流現像バイアス V_{avg} に対する画像濃度の変化が小さい、すなわち評価値曲線の傾きが小さい領域では、最適値として求められた直流現像バイアス V_{avg} はわずかな検出誤差によっても大きく変動することとなる。このような変動によって画像濃度が大きく変化することはないものの、直流現像バイアスの絶対値 $|V_{avg}|$ が必要以上に大きく設定された場合には、以下のような問題を生じることがある。すなわち、画像濃度の変化は少なくともトナーの付着量は増加しているため、各現像器内のトナーの消耗が激しくなって、現像器交換の手間が繁雑になるとともに、装置のランニングコストが上昇する。また、トナー像を構成するトナーの量が増加するため、感光体 2 から中間転写ベルト 71 へまたは中間転写ベルト 71 からシート S への転写プロセスにおいて転写不良が発生したり、定着プロセスにおいてトナーが十分に溶融されず定着不良が発生するなど、画質劣化の原因となる。さらには、現像ローラ 44 に必要以上に高い電圧が印加された状態で現像が行われることにより現像ローラ 44 の表面に電荷が残留して均一なトナー層の形成に支障を来し、その結果、先に形成された画像の影響が後の画像に現れるなどの画質劣化を引き起こすことがある。このように、評価値曲線の傾きが小さい領域では、必要以上に高い直流現像バイアス V_{avg} を現像ローラ 44 に印加することは好ましくない。

この実施形態では、センサ出力から求められた各パッチ画像についての評価値をそのトナー濃度を表す指標として用いているが、直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求める際には評価値の値そのものだけでなく、その現像バイアス V_{avg} に対する変化率をも加味することで、直流現像バイアス V_{avg} の最適化処理における検出誤差等の影響を抑えている。

第 23 図は、直流現像バイアスに対する評価値およびその変化率を示すグラフである。第 23 図 (a) の曲線 a に示すように、直流現像バイアス $|V_{avg}|$ の増加に対して評価値は次第に飽和するから、その変化率は、第 23 図 (b) に示すように、直流現像バイアス $|V_{avg}|$ の増加に対して単調に減少する。ここで、検出誤差を含む曲線 b に基づき評価値曲線から直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求めると、上記したように、本来その最適値は V_t であるにもかかわらず、検出誤差のためこれと大きく異なる値 V_f として求められる。一方、第 23 図 (b)

に示すように、直流現像バイアス V_{avg} に対する評価値の変化率を表す曲線（以下、「変化率曲線」という）は、検出誤差によって評価値曲線が若干変化したとしてもその変化は小さい。というのは、検出誤差等に起因して生じる評価値曲線の変動は、第 23 図（a）に示すように、本来の曲線がいずれかの方向にシフトした形で現れ、曲線の形状そのものが大きく変化することは考えにくい一方、変化率曲線はこの評価値曲線を微分して得られるものであるため、その形状はこのような評価値曲線のシフトによってもほとんど変わらないからである。

そこで、第 23 図（b）に示すように、評価値の変化率に対しても所定の目標値、すなわち本発明にいう「有効変化率」に相当する値 Δt を定めるとともに、直流現像バイアス V_{avg} に対して単調減少する評価値の変化率がこの目標値 Δt とほぼ一致するときの直流現像バイアス V_d を求め、この値 V_d と、先に評価値曲線から求められた最適値とに基づき直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求めればよい。そして、例えば、評価値曲線から求めた値と、変化率曲線から求めた値 V_d との差があまり大きくなければ、これらのうちいずれか一方の値、もしくはこれらの値に基づき求めた値（例えば両者の平均値）を直流現像バイアス V_{avg} の最適値としてよい。しかし、両者の差が大きい場合には、上記した諸問題を解消するため、よりトナー付着量の少ない、すなわち直流現像バイアス $|V_{avg}|$ がより小さくなる方の値を直流現像バイアス V_{avg} の最適値とするのが好ましい。こうすることで、例えば第 23 図（a）に示す値 V_f のように、評価値曲線から求めた値が検出誤差により本来の値 V_t とは大きく異なっている場合でも、直流現像バイアス V_{avg} の最適値は変化率曲線から求めた値 V_d となるから、本来の値 V_t にほぼ近い値を導出することが可能となる。

なお、前述したように、実際の装置では、上記のように直流現像バイアス V_{avg} を連続的に変化させているわけではなく、直流現像バイアス V_{avg} を $V_0 \sim V_5$ の 6 段階で離散的に変化させている。したがって、第 24 図（a）に示すように、各バッチ画像の画像濃度に対応して 6 個の評価値が導出され、これらの間を直線補間することで評価値曲線が求められる。第 24 図は、この実施形態における評価値曲線およびその変化率を示す図である。また、このように評価値が離散的に求められるのに伴って、その変化率は、直流現像バイアス V_{avg} が 1 段階だけ異

なる2つのパッチ画像に対応する評価値の差分 Δ として求められる。すなわち、先に述べた通り、 $\Delta = A(n+1) - A(n)$ である。

そして、第24図(a)の評価値曲線に基づき評価値が制御目標値 A_t とほぼ一致するときの直流現像バイアス V_c をその最適値とすることを原則としつつも、この値 V_c 以下の直流現像バイアス V_{avg} において上記した差分 Δ が所定の有効変化率 Δa 以下となる場合には、評価値が制御目標値 A_t に達していなくても、そのときの直流現像バイアスをその最適値 V_{op} とするようにしている。すなわち、第24図(b)の例では、 $V_{op} = V_3$ である。このように、この実施形態では、この値 Δa が本発明の「有効変化率」に相当する。この値 Δa は、それぞれの評価値が Δa だけ異なる2つの画像があるとき、両者の濃度の差が肉眼では容易に判別できない程度、もしくはその装置において両者の濃度の差が許容しうる程度となるように選ぶことが望ましい。

こうすることによって、濃度センサ60の検出誤差等に起因して画像濃度の増加がほとんどないにもかかわらず直流現像バイアス V_{avg} を必要以上に高い値に設定してしまうことは防止されており、上記した諸問題の発生を効果的に抑制しながら、ほぼ所定値に近い画像濃度が得られるようになっている。

一方、差分 Δ が有効変化率 Δa より大きい領域では、評価値曲線の傾きが大きいから、検出誤差による評価値曲線のシフトに伴う直流現像バイアス V_{avg} の変動は小さく、したがって、この場合、評価値曲線のみから直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} を求めてよい。なお、ここでは画像濃度を表す指標として、センサ出力値から求めた「評価値」を用いて説明したが、画像濃度の値そのもの、または画像濃度を示す他の指標を用いても同様にすることができる。

以上のようにして、所定のベタ画像濃度が得られる直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} が、その最小値 V_0 から最大値 V_5 までの範囲のいずれかの値に設定される。なお、この画像形成装置においては、画質向上の観点から、感光体2上の静電潜像のうち画像信号に対応してトナーを付着させない部分（非画線部）の表面電位と直流現像バイアス V_{avg} との電位差が常に一定（例えば、325V）となるようにしており、上記のように直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} が求まると、それに応じて帯電制御部103から帯電ユニット3に与えられる帯電バ

イアスの大きさも変更されて、上記電位差が一定に保たれている。

(E) 露光エネルギー設定

引き続いて、露光エネルギー E をその最適値に設定する。第 25 図はこの実施形態における露光エネルギーの設定処理を示すフローチャートである。第 25 図に示すように、その処理内容は先に述べた現像バイアスの設定処理（第 18 図）と基本的に同じである。すなわち、まず直流現像バイアス V_{avg} を先に求めた最適値 V_{op} に設定し（ステップ S 5 1）、次いで露光エネルギー E を最小レベルのレベル 0 から 1 レベルずつ増加させながら、各レベルでパッチ画像を形成する（ステップ S 5 2、S 5 3）。そして、各パッチ画像からの反射光量に対応するセンサ出力 V_p 、 V_s をサンプリングし（ステップ S 5 4）、そのサンプルデータからスパイクノイズを除去するとともに（ステップ S 5 5）、各パッチ画像の濃度を表す評価値を求め（ステップ S 5 6）、その結果に基づいて露光エネルギーの最適値 E_{op} を求める（ステップ S 5 7）。

この処理（第 25 図）において、その処理内容が前記した現像バイアス設定処理（第 18 図）と相違しているのは、形成するパッチ画像のパターンおよび個数と、評価値から露光エネルギーの最適値 E_{op} を求める演算処理とであり、その他の点については両者はほぼ共通の処理を行っている。そこで、ここでは主にその相違点について説明する。

この画像形成装置では、感光体 2 表面が光ビーム L により露光されることで画像信号に対応した静電潜像が形成されるが、例えばベタ画像のように露光される面積が比較的広い高濃度画像では露光エネルギー E を変化させても静電潜像の電位プロファイルはあまり変化しない。これに対して、例えば細線画像やハーフトーン画像のように露光される領域が感光体 2 表面にスポット的に散在している低濃度画像では、露光エネルギー E によりその電位プロファイルが大きく変化する。このような電位プロファイルの変化はトナー像の濃度変化をもたらす。つまり、露光エネルギー E の変化は、高濃度画像にはあまり影響を及ぼさないのに対し、低濃度画像ではその濃度に大きく影響する。

そこで、この実施形態では、まず画像濃度に対する露光エネルギー E の影響が少ないベタ画像を高濃度用パッチ画像として形成し、その濃度に基づいて直流現

像バイアス V_{avg} の最適値を求める一方、露光エネルギー E の最適値を求める際には低濃度用パッチ画像を形成するようにしている。そのため、この露光エネルギー設定処理においては、直流現像バイアス設定処理において形成したパッチ画像（第19図）とは異なるパターンのパッチ画像を用いている。

なお、露光エネルギー E の高濃度画像に対する影響は小さいものの、その可変範囲を広くしすぎると高濃度画像の濃度変化も大きくなってしまう。これを防止するため、露光エネルギー E の可変範囲としては、露光エネルギーを最小（レベル0）から最大（レベル3）に変化させたときの高濃度画像（例えばベタ画像）に対応する静電潜像の表面電位の変化が20V以内、より望ましくは10V以内となるようにするのがよい。

第26図は、低濃度用パッチ画像を示す図である。先に述べたように、この実施形態では露光エネルギー E を4段階に変更設定するようにしており、ここではその各レベルで各1個ずつ、計4個のパッチ画像 $I_{e0} \sim I_{e3}$ を形成している。また、ここで用いるパッチ画像のパターンは、第26図に示すように、互いに離隔配置された複数の細線により構成されており、より詳しくは、1オン10オフの1ドットラインパターンである。低濃度用パッチ画像のパターンはこれに限定されるものではないが、このようにラインまたはドットが互いに孤立したパターンを用いると、より露光エネルギー E の変化を画像濃度の変化に反映させることができ、より精度よくその最適値を求めることが可能となるのである。

また、各パッチ画像の長さ L_4 は、高濃度用パッチ画像の長さ L_1 （第19図）より小さく設定されている。これは、この露光エネルギー設定処理では直流現像バイアス V_{avg} が既にその最適値 V_{op} に設定されており、この最適条件の下では感光体2周期での濃度ムラが発生しないからである（逆に、この状態でこのような濃度ムラが発生するようなら V_{op} は直流現像バイアス V_{avg} として最適な値ではない）。しかし、一方で現像ローラ44の変形に伴う濃度ムラが発生している可能性もあるので、パッチ画像の濃度としては現像ローラ44の周長に相当する長さについて平均した値を用いるのが好ましく、そこでパッチ画像の周長 L_4 は現像ローラ44の周長よりは大きくなるように設定している。なお、非接触現像方式の装置において現像ローラ44および感光体2それぞれの表面の移動速度（周

速) が同一でない場合には、その周速比を考慮して現像ローラ 44 の 1 周分に対応する長さのパッチ画像を感光体 2 に形成するようにすればよい。

また、各パッチ画像の間隔 L_5 については、第 19 図に示す間隔 L_2 より小さくしてよい。というのは、露光ユニット 6 からの光ビーム L のエネルギー密度は比較的短時間で変更することが可能であり、特にその光源が半導体レーザーで構成されている場合にはきわめて短い時間でそのエネルギー密度を変更することができるからである。このように各パッチ画像の形状およびその配置を構成したことにより、第 26 図に示すように、中間転写ベルト 71 の 1 周分に全てのパッチ画像 $I_{e0} \sim I_{e3}$ を形成することが可能となっており、それに伴って処理時間も短縮されている。

このようにして形成された低濃度用パッチ画像 $I_{e0} \sim I_{e3}$ については、先に述べた高濃度パッチ画像の場合と同様にしてその画像濃度を表す評価値が求められる。そして、その評価値と、先に述べた高濃度パッチ画像用とは別に用意された低濃度パッチ画像用のルックアップテーブル(第 17 図 (b)) から導き出される制御目標値とに基づいて露光エネルギーの最適値 E_{op} が算出される。第 27 図は、この実施形態における露光エネルギーの最適値算出処理を示すフローチャートである。この処理においても、第 21 図に示す現像バイアスの最適値算出処理と同様に、低エネルギーレベルで形成したパッチ画像から順にその評価値を目標値 A_t と比較し、評価値が目標値と一致するような露光エネルギー E の値を求めることでその最適値 E_{op} が決定される(ステップ S571 ~ S577)。

ただし、通常用いる露光エネルギー E の範囲では、細線画像濃度と露光エネルギー E との間にはベタ画像濃度と直流現像バイアスとの関係においてみられる飽和特性(第 20 図 (b)) は現れないため、第 21 図のステップ S473 に相当する処理は省かれている。このようにして、所望の画像濃度を得られる露光エネルギー E の最適値 E_{op} が求められる。

(F) 後処理

以上のように直流現像バイアス V_{avg} 、露光エネルギー E についてそれぞれの最適値が求められたことにより、これ以降は所定の画像品質での画像形成が可能な状態となる。したがって、この時点で濃度制御因子の最適化処理を終了し、中

間転写ベルト 71 等の回転駆動を停止して装置を待機状態に移行させるようにしてもよいし、さらに他の濃度制御因子を制御すべく何らかの調節動作を行うようにしてもよく、このように後処理の内容は任意であるのでここでは説明を省略する。

(3) 効果

以上のように、この実施形態では、直流現像バイアス V_{avg} を 6 段階に変化させながら形成したパッチ画像について、その画像濃度に対応した評価値を求めるとともにその変化率を求め、該評価値が制御目標値 A_t とほぼ一致するときの直流現像バイアスおよび変化率が有効変化率 Δa 以下となるときの直流現像バイアスのうち、その絶対値 $|V_{avg}|$ がより小さい、すなわち感光体 2 へのトナー付着量がより少なくなる方の値を直流現像バイアスの最適値 V_{op} としている。そのため、求められた評価値が濃度センサ 60 の特性ばらつきやトナーの特性ばらつきに起因する誤差を含んでいたとしても、本来の最適値とは大きく異なる値となってしまうことは未然に防止されている。

こうして検出誤差の影響を抑制しつつ、直流現像バイアス V_{avg} をほぼその最適値に設定することができるので、この画像形成装置では、トナー消費量が過大となったり、転写・定着不良を起こすなどの問題の発生も抑制されており、その結果、画質の良好なトナー像を安定して形成することが可能となっている。

(4) その他

上記した実施形態では、濃度センサ 60 を中間転写ベルト 71 の表面に対向配置し、中間転写ベルト 71 に一次転写されたパッチ画像としてのトナー像の濃度を検出するように構成しているが、これに限定されるものではなく、例えば濃度センサを感光体 2 の表面に向けて配置し、感光体 2 上に現像されたトナー像の濃度を検出するようにしてもよい。

上記した実施形態は、第 24 図 (a) に示す評価値が制御目標値 A_t となる直流現像バイアス V_c を見出すより先に第 24 図 (b) に示す差分 Δ が有効変化率 Δa 以下となる直流現像バイアス V_3 を見出したときには、この値 V_3 を直流現像バイアスの最適値 V_{op} とするように構成されている (第 21 図)。しかし、例えば第 24 図に示すように、評価値曲線から求めた最適値 V_c とその変化率から求

めた最適値 V_3 との差が比較的小さい場合には、両者のいずれを最適値 V_{op} としても差し支えない。したがって、第 21 図におけるステップ S 473 と S 474 との順序を入れ換えてもよい。このようにした場合には、 V_c と V_3 とが第 24 図に例示する関係にあったときの直流現像バイアスの最適値 V_{op} は V_c となる。

上記した実施形態では、評価値曲線およびその変化率の双方に基づいて直流現像バイアス V_{avg} の最適値 V_{op} を求めているが、変化率曲線のみに基づいて最適値 V_{op} を求めることができる場合もある。すなわち、トナー濃度の変化率が所定の有効変化率とほぼ一致する画像形成条件を求めるだけで濃度制御因子の最適値を求めることができる場合がある。例えば第 23 図に示すように、評価値と変化率、より一般的には検出されたパッチ画像のトナー濃度とその変化率との対応関係が予めわかっている場合には、いずれか一方が求まれば他方を求めることが可能であるから、このうち一方のみから濃度制御因子の最適化を行うことが可能である。

従来の画像形成装置では、このうち検出されたトナー濃度のみに基づいて濃度制御因子の最適化を行っているが、前述したように、検出結果には誤差が含まれる可能性があるから、むしろ本発明のようにトナー濃度の変化率に着目する方が、検出誤差の影響を排除してより高い精度で濃度制御因子の最適化を行うことができる。特に、トナー濃度と濃度制御因子との対応関係が予め明らかになっており、しかも濃度制御因子に対するトナー濃度の変化率とその濃度目標値付近で大きくなっている装置では、必要十分な精度で濃度制御因子の最適化を行うことが可能である。

上記した実施形態における濃度制御因子の最適化処理の手順はその一例を示したものであって、これ以外の手順であってもよい。例えば、本実施形態ではプレ動作 1 およびプレ動作 2 を同時に開始するようにしているが、これらは必ずしも同時に実行しなくてもよい。また、画像濃度の制御目標値は少なくとも直流現像バイアスの最適値 V_{op} を求める時点で求められていればよく、本実施形態とは異なるタイミング、例えばプレ動作より前に制御目標値を求めるようにしてもよい。

上記した実施形態では、中間転写ベルト 71 の下地プロファイルとして濃度センサ 60 の出力を中間転写ベルト 71 の 1 周分についてサンプリングした各サン

ブルデータを記憶するようにしているが、後にパッチ画像が形成される位置に相当する位置からのサンプルデータのみを記憶するようにしてもよく、こうすることで記憶すべきデータ量を削減することが可能である。この場合には、中間転写ベルト 71 への各パッチ画像の形成位置をできるだけ一致させるようにすれば、各パッチ画像について共通の下地プロファイルを使用して演算を行うことができ、さらに効果的である。

上記した実施形態では、画像濃度を制御する濃度制御因子としての直流現像バイアスおよび露光エネルギーを可変としているが、これらのうち一方のみを可変として画像濃度を制御するようにしてもよく、また他の濃度制御因子を用いるようにしてもよい。さらに、上記実施形態では、帯電バイアスが直流現像バイアスに追従して変化するように構成されているが、これに限定されるものでなく、帯電バイアスを固定としたり、直流現像バイアスとは独立に変更できるようにしてもよい。

<第2実施形態>

第28図は第2実施形態における光量制御信号変換部を示す図である。第1実施形態の装置（第4図）ではCPU101から光量制御信号Slcが出力され、濃度センサ60の照射光量調整ユニット605に直接入力されているのに対し、この第2実施形態の装置は、CPU101と照射光量調整ユニット605との間に光量制御信号変換部200が設けられている点で第1実施形態とは相違している。

この光量制御信号変換部200は、CPU101から光量制御のために出力される2種類のデジタル信号DA1およびDA2に応じた電圧値の光量制御信号Slcを濃度センサ60の照射光量調整ユニット605に供給するものである。この光量制御信号変換部200では、CPU101からの2つのデジタル信号DA1、DA2をそれぞれアナログ信号電圧VDA1、VDA2に変換する2つのD/A（デジタル／アナログ）変換器201、202が設けられている。そして、これらのアナログ信号VDA1、VDA2はそれぞれバッファ203、204を介して演算部210に入力される。

この実施形態では、D/A変換器201および202は、いずれも8ビットの分解能を備え、+5Vの単一電源にて動作する。つまり、これらの出力電圧VDA1

およびVDA2は、CPU101からの8ビットデジタル信号DA1またはDA2の値（0ないし255）に応じて、0Vから+5Vまで256段階の離散的な値を取る。例えば、CPU101からのデジタル信号DA1が0であるとき、D/A変換器201の出力電圧VDA1は0Vとなる。そして、デジタル信号DA1の値が1増加する毎に出力電圧VDA1は最小電圧ステップ $\Delta VDA = (5 / 255)$ Vずつ増加し、デジタル信号DA1が255のとき、D/A変換器201の出力電圧VDA1は+5Vとなる。D/A変換器202の出力電圧VDA2についても同様である。このように、D/A変換器201の出力電圧VDA1およびD/A変換器202の出力電圧VDA2は、いずれも8ビットデジタル信号に対応する256段階の離散的な値を取りうる。

ここで、発光素子601による照射光量を細かく制御するためには、光量制御信号Slcをより細かい刻みで多段階に設定できることが望ましい。デジタル信号DA1、DA2のビット数を多くすればより細かい設定が可能となるが、装置コストの面では現実的でない。すなわち、D/A変換器201、202として入力ビット数がより多く分解能の高いものを使う必要があるが、このようなデバイスは高価である。とりわけCPUについては、8ビットを超えるデータを扱うためにはデータビット長が16ビットの製品を使用する必要があり、このような製品はデータビット長が8ビットのものに比べて非常に高価となってしまう。

そこで、この実施形態では、これら2つのD/A変換器201、202の出力電圧に対して演算部210が所定の演算を行い、その演算結果を光量制御信号Slcとすることで、データビット長を8ビットに留めて装置コストを抑えながら、高い分解能で光量制御を行えるようにしている。

演算部210は、4つの抵抗器211～214とオペアンプ215とで構成される減算回路である。4つの抵抗器211～214のうち、2つの抵抗器211と214とは同じ抵抗値R1を有し、また他の2つの抵抗器212と213とは同じ抵抗値R2（ただし、 $R2 > R1$ ）を有している。このような構成では、演算部210から出力される出力電圧Voutは下式：

$$V_{out} = VDA1 - (R1 / R2) VDA2 \quad \dots (2.1)$$

で表される。この出力電圧Voutが光量制御信号Slcとして濃度センサ60の照

射光量調整ユニット 605 に入力されている。

上式(2-1)において、値 V_{DA1} が ΔV_{DA} だけ増加すると、出力電圧 V_{out} も ΔV_{DA} だけ増加する。これに対して、値 V_{DA2} が ΔV_{DA} だけ増加すると、出力電圧 V_{out} は $(R_1 / R_2) \Delta V_{DA}$ だけ減少することとなる。つまり、CPU 101 から D/A 変換器 201 に与えるデジタル信号 $D A 1$ の値を 1 だけ変化させると出力電圧 V_{out} は ΔV_{DA} だけ変化するのに対して、D/A 変換器 202 に与える信号 $D A 2$ の値を 1 だけ変化させると、出力電圧 V_{out} は $(R_1 / R_2) \Delta V_{DA}$ だけ変化する。したがって、信号 $D A 1$ および $D A 2$ の値の組み合わせを適宜設定することによって、最小電圧ステップ $(R_1 / R_2) \Delta V_{DA}$ で光量制御信号 S_{lc} を調節することができる。例えば、 $(R_1 / R_2) = 1 / 4$ となるように抵抗値 R_1 および R_2 を定めれば、信号 $D A 1$ および $D A 2$ の値の組み合わせにより、光量制御信号 S_{lc} を 0 から +5 V の範囲で、しかも最小電圧ステップ $(\Delta V_{DA} / 4)$ で任意の値に設定することが可能となる。これは、8 ビットデジタル信号 $D A 1$ の値のみで設定を行う場合と比較して、2 ビット分に相当する分解能の向上となる。

第 29 図は光量制御信号の設定方法を説明する原理図である。ここでは、一例として $(R_1 / R_2) = 1 / 4$ の場合について説明する。まず、CPU 101 からの 8 ビットデジタル信号 $D A 1$ のみでは、第 29 図の白丸印に示すように、出力信号 V_{out} は最小電圧ステップ ΔV_{DA} 刻みでしか設定することができない。例えば、信号 $D A 1$ の値が $(X - 1)$ のとき、第 29 図に示すように、出力信号 V_{out} は $V_{out}(x-1)$ であるのに対し、信号 $D A 1$ の値が 1 増加して X となれば出力信号 V_{out} はこれより ΔV_{DA} だけ大きい V_{outx} となり、出力信号 V_{out} をこれらの中間の値に設定することはできない。

ここで、信号 $D A 1$ の値を X として、信号 $D A 2$ の値を 0 から 1 つずつ増加させると、出力信号 V_{out} は V_{outx} から $(\Delta V_{DA} / 4)$ ずつ低下する。すなわち、第 29 図の黒丸印に示すように、信号 $D A 2$ の値を 0 から 3 までの範囲で設定することにより、 $V_{out}(x-1)$ から V_{out} までの中間の出力信号 V_{out} の値を取ることができるようになる。すなわち、信号 $D A 1$ のみによる場合に比べ、より高い（この例では 4 倍の）分解能で光量制御信号 S_{lc} を設定することができる。

なお、信号DA1の値を固定して、信号DA2のみで出力電圧Voutを調節すると、細かい刻みで出力電圧を設定することはできるが、その反面、出力電圧の可変範囲自体が狭くなってしまう。上記のように、比較的粗い刻みで出力電圧Voutをおよその値に設定するための信号DA1と、その電圧ステップをより細かい刻みで補間するための信号DA2とを組み合わせる用いることによって、可変範囲の広さと高分解能との両立が可能となるのである。

このように、抵抗値R1とR2との比($R1/R2$)の値によって、出力電圧Voutの刻みを任意に設定することができる。したがって、分解能向上の観点からは、値($R1/R2$)をできるだけ小さくするのが好ましい。ただし、信号DA2による出力電圧Voutの可変範囲もこの比の値に応じて小さくなってしまう。信号DA1の最小ステップ1に相当する電圧ステップ ΔVDA を信号DA2の調節によって補間するためには、信号DA2によって調節可能な出力電圧Voutの範囲が ΔVDA より小さくすることは好ましくない。より具体的には、信号DA1のデータビット長が8ビットであるので、値($R1/R2$)を($1/256$)より小さくしてしまうと、出力電圧Voutとして $Vout(x-1)$ と $Voutx$ との間を均等に補間することができなくなる。

実際の装置においては、装置で扱うデータのビット長と、光量を設定するのに必要な分解能とに応じて抵抗値R1、R2を定めればよい。この実施形態では、 $R1 = 1\text{ k}\Omega$ 、 $R2 = 64.9\text{ k}\Omega$ としており、これによりデータビット長は8ビットでありながら、ほぼ14ビット相当の分解能を実現している。

第30図は第2実施形態における基準光量設定処理を示すフローチャートである。また第31図は基準光量設定処理の原理を説明する図である。この基準光量設定処理は、第10図に示した第1実施形態におけるプレ動作1の各動作ステップのうち、「センサの校正(1)、(2)」(ステップS21a、S21b)および「基準光量制御信号の設定」(ステップS22)の各ステップに代えて、第2実施形態の装置において実行するものである。具体的には、発光素子601を所定の基準光量で発光させるための光量制御信号Slcが照射光量調整ユニット605に与えられるように、信号DA1およびDA2の値を設定する処理である。これ以外の第2実施形態の装置構成および動作は第1実施形態と同一である。

第30図に示すように、この基準光量設定処理では、第1実施形態と同様にまず暗出力の検出を行う（ステップS211）。ここでは、発光素子601を消灯した状態で、受光素子670p、670sの出力電圧 V_p 、 V_s を検出する。なお、以下では、2つの受光素子の出力電圧 V_p および V_s のアナログ値に代えて、これらの電圧値をそれぞれ図示を省略するA/D変換回路により10ビットデジタル値に変換した検出値 D_p および D_s を用いることとする。

こうして発光素子601の消灯状態で検出された値 D_p 、 D_s をそれぞれ暗出力値 D_{p0} 、 D_{s0} として記憶しておく。これらの値は、第1実施形態で暗出力 V_{p0} 、 V_{s0} として説明したアナログ値に対応するデジタル値である。なお、検出誤差を小さくするため、電圧検出は8msec間隔で22サンプル行い、それらの平均を上記暗出力値 D_{p0} 、 D_{s0} としている。

次に、発光素子601を低光量で発光させ、そのときのp偏光成分に対応する検出値 D_p を検出する（ステップS212）。このとき、発光素子601を低光量で発光させるため、CPU101がD/A変換器201に出力する信号DA1の値DA TEST1を56とする一方、D/A変換器202に出力する信号DA2の値を0とした。そして、この状態で312サンプルの検出値 D_p を取得し、その平均値を P_{ave1} とする。

次に、発光素子601を高光量で発光させ、そのときのp偏光成分に対応する検出値 D_p を検出する（ステップS213）。このときの信号DA1の値DA TEST2は、先のステップより高光量となるように67とした。信号DA2の値はここでも0である。そして、この状態で同様に312サンプルの検出値 D_p を取得し、その平均値を P_{ave2} とする。

なお、低光量および高光量で発光素子601を発光させるための信号DA1の値DA TEST1、DA TEST2は上記数値に限定されるものではないが、発光素子601の発光光量と信号DA1との関係において、発光素子601の発光光量が信号DA1の値に比例する領域に属する数値にこれらの値を設定することが好ましい。こうすることで直線補間により計算を行うことができる。

そして、後述する計算に用いるためのデータとして、信号DA1の値に対する検出値 D_p の変化率：

$$\Delta Dp = (Pave2 - Pave1) / (DATEST2 - DATEST1) \quad \dots (2-2)$$

を求める (ステップ S 2 1 4)。

ここで、発光素子 6 0 1 が基準光量で発光しているときの検出値 Dp に相当する目標値 Dpt と、上記で求めた値 $Pave2$ との大小関係によって、以下の計算方法を異ならせている (ステップ S 2 1 5)。ここでの目標値 Dpt は、第 1 実施形態の場合と同様に、3 V に暗出力 $Vp0$ を加えたアナログ値に相当する値である。なお、検出値 Dp と信号 $DA1$ の値との間には直線関係が成立し、この直線の傾きに相当するのが、先に求めた値 ΔDp である。

(1) $Pave2 \geq Dpt$: ステップ S 2 1 6 (第 3 1 図 (a))

この場合、第 3 1 図 (a) に示すように、目標値 Dpt は実測による値 $Pave1$ および $Pave2$ の中間にあるから、目標の光量を得るための信号 $DA1$ 、 $DA2$ の設定値 $DA10$ 、 $DA20$ を内挿によって求めることができる。まず、検出値 Dp が目標値 Dpt 以上で、かつ、目標値 Dpt に最も近くなるときの $DA1$ の値を、 $DA1$ の設定値 $DA10$ とする。そして、設定値 $DA10$ との組み合わせで検出値 Dp が目標値 Dpt に最も近くなるように、信号 $DA2$ の値 $DA20$ を求める。

具体的には、以下の計算式：

$$DA10 = DATEST2 - INT [(Pave2 - Dpt) / \Delta Dp] \quad \dots (2-3)$$

$$DA20 = [(Pave2 - Dpt) \bmod \Delta Dp] / (\Delta Dp / 64.9) \quad \dots (2-4)$$

により設定値 $DA10$ 、 $DA20$ を求める。ここに、 $INT[x]$ は、 x を超えない最大の整数を求める演算子を表し、 $[x \bmod y]$ は、 x を y で除したときの剰余を求める演算子を表す。

(2) $Pave2 < Dpt$: ステップ S 2 1 7 (第 3 1 図 (b))

この場合、第 3 1 図 (b) に示すように、目標値 Dpt は実測による値 $Pave1$ および $Pave2$ の中間にはないから、目標の光量を得るための信号 $DA1$ 、 $DA2$ の設定値 $DA10$ 、 $DA20$ を外挿によって求める。基本的な求め方は上記と同様であるが、計算式が若干異なっており、以下の式：

$$DA10 = DATEST2 + INT [(Dpt - Pave2) / \Delta Dp] + 1 \quad \dots (2-5)$$

$$DA20 = \{\Delta Dp - [(Dpt - Pave2) \bmod \Delta Dp]\} / (\Delta Dp / 64.9) \quad \dots (2-6)$$

により設定値 D A 10、D A 20 を求める。

以後の動作において、発光素子 6 0 1 を基準光量で発光させるためには、C P U 1 0 1 が D / A 変換器 2 0 1 および 2 0 2 に対し出力する信号 D A 1 および D A 2 を、それぞれ上記設定値 D A 10 および D A 20 とすればよい。こうすることで、基準光量に対応した光量制御信号 S l c が照射光量調整ユニット 6 0 5 に与えられ、これにより発光素子 6 0 5 が基準光量で発光する。なお、光量制御信号 S l c の変更を行った直後は発光素子 6 0 1 の光量が安定しないので、変更後は所定時間の経過を待ってから光量の検出を行うことが好ましい。この実施形態では、信号 D A 1 または D A 2 の値を変更したときは、変更後 1 0 0 m s e c 以上経過した検出値のみを有効とするようにしている。

なお、上記した抵抗値や設定値等の数値は単に例として示したものにすぎず、これらの数値に限定されるものでないことはいうまでもない。

<第 3 実施形態>

次に、本発明にかかる画像形成装置の第 3 実施形態について説明する。この実施形態の画像形成装置の構成は、先に説明した第 1 実施形態の画像形成装置に、第 2 実施形態の光量制御信号変換部 2 0 0 をさらに備えたものである。ただし、後述するように、装置構成が一部異なっている。これに伴って、濃度制御因子の最適化処理における処理の内容も一部異なっている。ここでは、本実施形態における装置構成および濃度制御因子の最適化処理のうち、先に述べた第 1 または第 2 実施形態とは相違している点について以下に分説し、これらの実施形態と共通する部分についてはその説明を省略する。

(1) 装置構成上の差異

上述した第 1 実施形態では、濃度センサ 6 0 (第 4 図) は、中間転写ベルト 7 1 からの反射光のうち p 偏光成分を受光する受光ユニット 6 7 0 p と、s 偏光成分を受光する受光ユニット 6 7 0 s とは同一の構成を有しているものとして説明した。一方、この第 3 実施形態では、両受光ユニットのアンプ回路 6 7 3 p、6 7 3 s のゲインを互いに異なる値に設定している。これは、s 偏光成分として受光ユニット 6 7 0 s により受光される反射光は散乱光であるため、p 偏光成分に対応する出力電圧 V p と比較して s 偏光成分に対応する出力電圧 V s はレベルが

低く、信号としてのダイナミックレンジが狭くなるのを補うためである。つまり、 s 偏光成分に対応するアンプ回路 673s のゲインを高めることによって、出力電圧 V_s のダイナミックレンジが広くなり、より高精度に濃度検出を行うことが可能となる。

具体的には、アンプ回路 673s のゲインを、アンプ回路 673p のゲインの S_g 倍（ただし、 $S_g > 1$ ）とする。このゲイン倍率 S_g は、中間転写ベルト 71 の光学特性や各受光素子 672p、672 の感度等に応じ適宜定めればよいが、後の実施形態で述べるように、カラートナーの最大濃度時の両センサの出力電圧 V_p 、 V_s が同一値になるようにすると、後の計算に好都合である。また、これに伴って、濃度センサ 60 からの出力電圧 V_p および V_s 双方の検出値を用いて各種計算を行う際には、両検出値のレンジを揃えるために、まず出力電圧 V_p に対応する検出値を S_g 倍する必要がある。

（２）最適化処理の実行タイミングおよび実行する処理内容

第 1 実施形態の装置においては、装置電源の投入後やいずれかのユニットが交換された直後等のタイミングで、第 8 図に示す一連の最適化処理を実行するように構成されていた。一方、この第 3 実施形態の装置では、電源投入直後、新しい感光体 2 が装着されたとき、およびいずれかの現像カートリッジが交換されたときには、上記と同様の最適化処理を実行する。ただし、一度取り外された現像器が再び装着された場合には最適化処理は不要であるため、取り出された現像器と装着された現像器とが同一であったときは、最適化処理を行わない。このような現像器の同一判定のためには、各現像器 4Y 等に設けられたメモリ 91 等に、現像器固有の情報、例えば製造番号を予め記憶させておくとよい。

さらに、現像器の稼動状態を示す情報として各現像器毎にカウントされている現像ローラ回転数およびドットカウント値を参照し、その結果、濃度制御に用いる制御目標値の変更が必要となったときには、第 8 図に示す最適化処理を実行する。このようにする理由は以下の通りである。すなわち、この画像形成装置においても、上記した第 1 実施形態と同様に、濃度制御因子の最適化を行うときのパッチ画像濃度の制御目標値を、現像器の使用状況によって異ならせている。

したがって、ある時点で最適化処理を実行することで、そのときの制御目標値

に基づいて画像濃度を調整することができる。しかし、その時点から画像形成を繰り返すうちに現像器内のトナーの状態が変化し、画像濃度も次第に変動してゆく。このような画像濃度の変動を抑制するためには、上記した電源投入時やユニット交換時だけでなく、例えば多数枚の画像を連続的に形成している途中であっても、適当なタイミングで画像濃度の再調整を行うことが望ましい。

この再調整をどのタイミングで行うかについては様々に考えられるが、例えば上記した制御目標値の変更が必要となるタイミングで実行するのが合理的な方法の1つである。というのは、こうすることで、トナー特性の変化に応じて制御目標値変更の必要性が生じたときに、その変更を直ちに画像形成条件に反映させて画像濃度の安定化を図ることができるからである。そして、この制御目標値は、各現像器毎にカウントされている現像ローラ回転数およびドットカウント値に基づいて設定される。

そこで、この実施形態では、4個の現像器のうちいずれかの現像器について当該現像器に対応する現像ローラ回転数またはドットカウント値が所定の閾値に達したときに、画像濃度の再調整を行うようにしている。なお、装置は動作状態にあるから、第8図に示す最適化処理のうちステップS1の初期化動作を省くことも可能である。このように初期化動作を省略して画像濃度の調整のみを行うようにすることで、処理時間を短縮し、ユーザの待ち時間を短くすることができる。

なお、装置の構成上、装着された現像器が取り出されたものと同一であるか否かや、制御目標値を変更すべきタイミング等の情報については、メインコントローラ11よりも、エンジンコントローラ10側で把握する方が容易である。そこで、現像器の個体情報および稼動状況に関する情報はエンジンコントローラ10のCPU101で処理しておき、これらの情報に基づいて画像濃度の調整が必要であると判定したときには、CPU101がその旨をメインコントローラ11のCPU111に報知し、これを受けたCPU111が装置各部を濃度調整のために適切な動作状態に移行させるようにしている。

(3) 中間転写ベルト71の下地プロファイルのサンプリング位置

第1実施形態では、トナー像の濃度の検出結果に与える中間転写ベルト71の表面状態の影響を排除するため、中間転写ベルト71の1周分について下地プロ

ファイル求めた。一方、この実施形態では、中間転写ベルト 71 表面のうち、後にパッチ画像を形成する領域についてのみ下地プロファイルを求めるようにしている。こうすることで、記憶すべきデータ量を削減し、メモリ資源の節約を図っている。

第 19 図に示すパッチ画像 I_{v0} を例として説明する。先に説明したように、パッチ画像 I_{v0} の長さ $L1$ は、感光体 2 の周長 $L0$ に対応した長さである。そして、こうして形成したパッチ画像 I_{v0} の互いに異なる 74 点について濃度センサ 60 によりサンプリングを行い、その結果に基づきパッチ画像 I_{v0} の濃度を求めている。したがって、少なくともパッチ画像 I_{v0} においてその濃度をサンプリングする 74 点と同一の位置についての下地プロファイルを求めておけば、中間転写ベルト 71 の表面状態の影響を受けずに当該パッチ画像の濃度を求めることが可能である。具体的には、次のようにしている。

第 32 図はこの実施形態における下地プロファイル検出位置とパッチ画像との関係を示す図である。まず、濃度センサ 60 による中間転写ベルト 71 表面の下地プロファイルを求めるためのサンプリングは、第 32 図 (b) に示すように、中間転写ベルト 71 の回転駆動に関連して垂直同期センサ 77 から出力される垂直同期信号 V_{sync} (第 32 図 (a)) の変化から一定時間 t_s 後に開始される。同図において、# を付した数字は何番目のサンプリング位置であることを表している。そして、3 番目のサンプリング位置 #3 から 76 番目のサンプリング位置 #76 までにおいて検出された 74 個のサンプルデータを有効データとして記憶する。

次に、中間転写ベルト 71 上にパッチ画像 I_{v0} を形成するが、このパッチ画像 I_{v0} については、第 32 図 (c) に示すように、少なくともサンプリング位置 #3 ないし #76 を覆うように形成する。より具体的には、サンプリング位置 #1 ないし #78 の間に形成する。そして、パッチ画像 I_{v0} の濃度を検出するときには、下地プロファイルを検出したと同じサンプリング位置、すなわちサンプリング位置 #3 ないし #76 についてサンプリングを行う。こうして得た下地プロファイルおよびパッチ画像 I_{v0} について各 74 個のサンプルデータに基づき、中間転写ベルト 71 の表面状態の影響を排除したパッチ画像濃度を求めることができる。

61

このようにすることで、パッチ画像 I v0 の濃度検出を行う範囲外のサンプリング位置（# 2 以前および # 7 7 以降）についての下地プロファイルのサンプリングデータを記憶しておく必要はなくなり、メモリ資源を節約することができる。

他のパッチ画像 I v1 等についても同様にすることができる。この実施形態では、各パッチ画像に対して、中間転写ベルト 7 1 の周上の 3 1 2 点のサンプリング位置 # 1 ~ # 3 1 2 のうち、以下のサンプリング位置を各パッチ画像に対応するブロックとして割り当てている。

I v0, I v3 : # 3 ~ # 7 6 (7 4 点)

I v1, I v4 : # 1 1 9 ~ # 1 9 2 (7 4 点)

I v2 : # 2 3 5 ~ # 3 0 8 (7 4 点)

I v5 : # 2 3 5 ~ # 2 5 5 (2 1 点)

I e0 : # 5 6 ~ # 7 6 (2 1 点)

I e1 : # 1 1 9 ~ # 1 3 9 (2 1 点)

I e2 : # 1 8 2 ~ # 2 0 2 (2 1 点)

I e3 : # 2 4 5 ~ # 2 6 5 (2 1 点)

このように、サンプリング位置をできるだけ共通化するように各パッチ画像の形成位置を設定すると、下地プロファイルとして記憶しておくべきサンプルデータは 2 3 2 個で済む。さらに、各パッチ画像に対応した代表値として、各ブロック内のサンプルデータの総和または平均値のみを記憶しておくようにすれば、さらに記憶すべきデータ数を少なくできる。この場合の評価値の計算は、各パッチ画像に対応したブロックにおける上記代表値に基づき行う。

(4) 現像バイアス設定

これは、第 1 実施形態における「(D) 現像バイアス設定」に置き換わる処理である。この実施形態では、0 ないし 2 5 5 の整数値を取り得る現像バイアス設定パラメータ P v を設定することで、直流現像バイアス V avg を (− 5 0) V から (− 4 0 0) V の範囲で 2 5 6 段階に設定可能となっている。すなわち、

$$V_{avg} = - (50 + P_v \times 350 / 255) \quad [V] \quad \dots (3-1)$$

と表される。例えば、P v = 0 とすれば、V avg = (− 5 0) V となり、P v = 1 0 0 とすれば、V avg = (− 1 8 7. 3) V となる。以下では、現像バイアス設

定パラメータ P_v に対応する現像バイアス V_{avg} の値を $V_{avg}(P_v)$ と記す。上記の例では、 $V_{avg}(0) = (-50) V$ 、 $V_{avg}(100) = (-187.3) V$ である。画像濃度は、現像バイアス設定パラメータ P_v が大きいほど高濃度となる。

また、この実施形態では、露光エネルギーを最低レベルの $E(0)$ から最高レベルの $E(7)$ まで 8 段階に設定することが可能である。画像濃度は、露光エネルギー $E(0)$ のとき最も低く、エネルギー $E(7)$ で最高濃度となる。

第 33 図はこの実施形態における現像バイアス設定処理を示すフローチャートである。この現像バイアス設定処理では、まず露光エネルギーを $E(4)$ に設定し (ステップ S 401)、次に、現像バイアス設定パラメータ P_v を順次変更設定することで直流現像バイアス V_{avg} を変化させながら、各バイアス値でパッチ画像を形成する (ステップ S 402)。形成するパッチ画像のパターンおよび形状は、第 19 図に示す第 1 実施形態の場合と同じである。また、パッチ画像 I_{vn} に対応する現像バイアス設定パラメータ $P_v(n)$ の値はそれぞれ次のとおりとした： $P_v(0) = 44$ ($V_{avg} = -110 V$ に相当)； $P_v(1) = 76$ ； $P_v(2) = 108$ ； $P_v(3) = 140$ ； $P_v(4) = 172$ ； $P_v(5) = 204$ ($V_{avg} = -330 V$ に相当)。

こうして形成した各パッチ画像については、濃度センサ 60 によりその反射光量を所定のサンプル数検出し (ステップ S 403)、それらのサンプルデータからスパイクノイズの除去を行った後 (ステップ S 404)、当該パッチ画像 I_{vn} に対する評価値 $A(n)$ を算出する (ステップ S 405)。これらの演算処理は第 1 実施形態と同一である。そして、求めた評価値に基づき、最適現像バイアス V_{op} を与える現像バイアス設定パラメータ P_v の最適値 P_{vop} を算出する (ステップ S 406)。この最適値 P_{vop} と最適直流現像バイアス V_{op} の間には、

$$V_{op} = V_{avg}(P_{vop}) \quad \dots (3-2)$$

なる関係がある。したがって、現像バイアス設定パラメータ P_v の最適値 P_{vop} を求めることで、最適直流現像バイアス V_{op} を得ることができる。また、この実施形態では、以下に詳述するように、カラートナーおよびブラックトナーで異なる算出方法を用いている。

第 34 図はこの実施形態におけるカラートナーについての現像バイアス設定パラメータの最適値算出処理を示すフローチャートである。この最適値算出処理で

は、まず、変数 n を 0 に設定し（ステップ S 4 8 1）、パッチ画像 I_{v0} の評価値 $A(0)$ とその目標値 A_t とを比較する（ステップ S 4 8 2）。その結果、評価値 $A(0)$ が目標値 A_t 以上であれば（YES）、ステップ S 4 8 7 にジャンプして、パッチ画像 I_{v0} を形成したときの現像バイアス設定パラメータの値 $P_v(0)$ を最適値 P_{vop} として計算を終える。これは、現像バイアスパラメータ P_v をこのように低い値に設定しているにもかかわらず十分な画像濃度が得られた場合に相当する。

一方、ステップ S 4 8 2 において NO の場合は、ステップ S 4 8 3 ～ S 4 8 6 からなる処理ループに移行し、次のようにして現像バイアスパラメータ P_v の最適値を求める。すなわち、変数 n に対し、パッチ画像 I_{vn} についての評価値 $A(n)$ が目標値 A_t と等しい場合には（ステップ S 4 8 3）、ステップ S 4 8 7 にジャンプして、そのときの現像バイアスパラメータ $P_v(n)$ を最適値 P_{vop} とする。そうでない場合には、当該パッチ画像 I_{vn} についての評価値 $A(n)$ と、これより 1 段階高濃度となる条件で形成したパッチ画像 $I_{v(n+1)}$ についての評価値 $A(n+1)$ との間に目標値 A_t があるか否かを判断する（ステップ S 4 8 4）。ここで、2 つの評価値の間に目標値 A_t があつた場合には、ステップ S 4 8 8 にジャンプし、以下の計算式に基づく内挿により最適値 P_{vop} を求める：

$$P_{vop} = \{A_t - A(n)\} / \{A(n+1) - A(n)\} \times \{P_v(n+1) - P_v(n)\} + P_v(n) \quad \dots (3-3)$$

ただし、計算の結果については、四捨五入により整数に丸めるものとする。

また、2 つの評価値の間に目標値 A_t がない場合には、変数 n をインクリメントし（ステップ S 4 8 5）、上記処理を繰り返して最適値 P_{vop} を求める。ただし、最適値が見つからないまま変数 n が最大値 5 になったときは（ステップ S 4 8 6）、そのときの現像バイアスパラメータ $P_v(n)$ 、すなわち $P_v(5)$ を最適値 P_{vop} とする。この処理をイエロー、シアン、マゼンタの各色について行くと、各色毎に、現像バイアス設定パラメータの最適値 P_{vop} が、 $P_v(0)$ から $P_v(5)$ までの間のいずれかの値に設定される。そして、CPU 101 が現像器制御部 104（第 2 図）にこの値 P_{vop} を出力すると、その値に対応した最適現像バイアス V_{op} が現像器制御部 104 から現像ローラ 44 に印加される。

第 35 図はこの実施形態におけるブラクトナーについての現像バイアス設定

パラメータの最適値算出処理を示すフローチャートである。ブラクトナーでのバッチ画像においては、第1実施形態において説明したトナー付着量に対する評価値の飽和がカラートナーの場合よりも起こりやすい。そこで、この実施形態では、ブラクトナーについては第1実施形態と同様に評価値の変化率を考慮しながら現像バイアス設定パラメータの最適値を求めるようにしている。すなわち、ステップS493において、バッチ画像 $I_{v(n+1)}$ についての評価値 $A(n+1)$ と、バッチ画像 I_{vn} についての評価値 $A(n)$ との差が Δa 以下であるときには、ステップS497にジャンプし、バッチ画像 I_{vn} を形成したときの現像バイアスパラメータ $P_v(n)$ を最適値 P_{vop} とするようにしている。

その他の処理内容はカラートナーの場合とほぼ同じである。また、ステップS498における計算式も、カラートナーの場合と同じ式(3・3)を適用することができる。こうして4つのトナー色(Y, M, C, K)について、最適現像バイアス V_{op} を与える現像バイアス設定パラメータ P_v が求められる。

(5) 露光エネルギー設定

これは、第1実施形態における「(E) 露光エネルギー設定」に置き換わる処理である。本実施形態の「(4) 現像バイアス設定」の項で述べた通り、第3実施形態の装置では、露光エネルギーを $E(0)$ ないし $E(7)$ の8段階に設定することができる。具体的には、露光エネルギー設定パラメータ P_e を0ないし7のいずれかに設定することで、露光ユニット6から照射される光ビームLの露光エネルギーが $E(P_e)$ に設定される。この実施形態の露光エネルギー設定処理では、このうち4つの露光エネルギー： $E(0)$ ； $E(2)$ ； $E(4)$ ； $E(7)$ の4通りについて、最適現像バイアス V_{op} の下でバッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて露光エネルギーの最適値を与えるパラメータ P_e を各トナー色毎に求めている。その処理内容は基本的に第1実施形態の露光エネルギー設定処理（第25図）と共通であるため説明を省略するが、ステップS57において最適露光エネルギー E_{op} を直接的に算出するのに代えて、最適露光エネルギー E_{op} を与える露光エネルギー設定パラメータ P_e の最適値を求めるようにしている。

以上のように、この第3実施形態の画像形成装置では、第1実施形態の装置とは部分的に異なる構成および動作を有している。しかし、上記のような構成によ

っても、第1実施形態の装置と同様に、直流現像バイアス V_{avg} および露光エネルギー E を最適値に設定して画像形成を行うことができ、画質の良好なトナー像を安定して形成することが可能である。

なお、第1および第2の実施形態において互いに異なる処理内容については、その目的を同一とするものについて相互に入れ換えて実施してもよい。例えば、第1実施形態の装置において、現像バイアス設定処理（第18図、第21図）に代えて第3実施形態における現像バイアス設定処理（第33図～第35図）を適用したり、その逆としてもよい。

<第4実施形態>

次に、感光体2や中間転写ベルト71などの像担持体上に形成されたパッチ画像の画像濃度を正確に求めるために、像担持体の表面状態を考慮することが重要となる理由を説明する。また、像担持体の表面状態にかかわらず、トナー像の画像濃度を高精度に測定する具体的な実施形態について説明する。第36図はその表面状態が均一である像担持体へのパッチ画像（トナー像）の形成前後において、各サンプリング位置で得られるセンサ出力値を示す図である。また、第37図はその表面状態が不均一である像担持体へのパッチ画像（トナー像）の形成前後において、各サンプリング位置で得られるセンサ出力値を示す図である。

画像形成装置において用いられる濃度センサの多くは、発光素子から像担持体に向けて光を照射するとともに、像担持体からの反射光を受光素子で受光し、その受光量に応じたアナログ信号を出力するように構成されている。そして、画像形成装置では、そのアナログ信号をデジタル信号に変換して得られるセンサ出力値に基づき画像濃度の測定を行っている。ここで、像担持体の表面全体にわたって反射率や表面粗さ等が一定であり、像担持体の表面状態が均一であると仮定すると、像担持体上にパッチ画像などのトナー像を形成する前のセンサ出力値は例えば第36図(a)に示すようにサンプリング位置にかかわらず一定値 T となる。また、例えば像担持体上に互いに異なる濃度 $OD1 \sim OD3$ のパッチ画像を形成した場合、第1ないし第3パッチ位置で画像濃度に対応する量だけセンサ出力値がそれぞれ変化してセンサ出力値 $D1, D2, D3$ となる（同図(b)）。なお、ここでは像担持体の表面状態が均一であるため、各パッチ位置においてセンサ出力値

D1, D2, D3 はそれぞれ一定値となっている。

しかしながら、実際の画像形成装置では像担持体の表面状態は均一ではなく、像担持体上にバッチ画像などのトナー像を形成する前においても、センサ出力値は例えば第37図(a)に示すようにサンプリング位置に応じて変動している。また、像担持体上に互いに異なる濃度OD1~OD3の複数のバッチ画像を形成した場合、第1ないし第3バッチ位置で画像濃度に対応する量だけセンサ出力値がそれぞれ変化しているが(同図(b))、各バッチ位置を詳細に検討すると、同一のバッチ領域においてもセンサ出力値はサンプリング位置に応じて変動している。これは像担持体の表面状態の影響を受けたものと考えられる。

しかも、同図(a)と同図(b)とを対比することでわかるように、各バッチ位置における変動量は、バッチ画像が濃くなるにしたがって小さくなっている。換言すれば、各バッチ位置における表面状態の影響力は、バッチ画像が濃くなるにしたがって弱まっている。このことをより明確にするために、互いに異なる濃度OD1~OD3で像担持体全面に均一濃度画像を形成した場合のセンサ出力値をプロットすると、例えば第38図に示す結果が得られる。

第38図は、像担持体に画像を形成する前のセンサ出力値、ならびに像担持体に3種類の濃度の均一濃度画像を形成した時のセンサ出力値を示すグラフである。同図および第37図中の「Tave」、「Dave_1」、「Dave_2」、「Dave_3」は、

「Tave」…像担持体に画像を形成する前の平均センサ出力値、

「Dave_1」…濃度(OD1)の画像を形成した時の平均センサ出力値、

「Dave_2」…濃度(OD2)の画像を形成した時の平均センサ出力値、

「Dave_3」…濃度(OD3)の画像を形成した時の平均センサ出力値、

を示している。ここで、これら「Tave」、「Dave_1」、「Dave_2」、「Dave_3」はそれぞれ第36図中の「T」、「D1」、「D2」、「D3」にほぼ一致しており、「Dave_1」、「Dave_2」、「Dave_3」を求めることで像担持体の表面状態の影響をキャンセルした値が得られ、各画像濃度を正確に検出することができる。

また、同図からわかるように、センサ出力値に対して像担持体の表面状態が与える影響は、像担持体に形成されるトナー像の濃淡に応じて異なる。つまり、比較的濃度の低いトナー像が像担持体上に形成されている場合には、発光素子から

の光の一部がトナー像を通過して像担持体で反射された後、再度像担持体を通過して受光素子で受光されるため、像担持体の表面状態に応じて濃度センサからの出力が比較的大きく異なる。一方、トナー像が濃くなるにしたがってトナー像を通過して像担持体に入射する光はもちろんのこと、像担持体で反射された後に再度像担持体を通過して受光素子に入射する光も少なくなり、像担持体の表面状態が濃度センサからの出力に及ぼす影響は少なくなる。したがって、像担持体に画像を形成する前のセンサ出力値（像担持体の表面状態を示すもの）を補正情報として予め求めておき、像担持体上のある表面領域、例えばサンプリング位置 $x1$ に形成されたトナー像の画像濃度を実際に検出する際に、トナー像の濃淡を全く考慮せず、一律に補正情報によりサンプリング位置 $x1$ でのセンサ出力値を補正し、その補正值に基づきトナー像の画像濃度を求めたのではその精度に一定の限界がある。

これに対し、サンプリング位置 $x1$ に形成されたトナー像の画像濃度を実際に検出する際に、その検出値を補正情報に基づき補正するのみならず、トナー像の濃淡に応じて補正情報を補正しておくことで画像濃度の測定精度をさらに向上させることができる。

さらに、本願発明者は、像担持体上の画像の濃度が濃くなるにしたがってセンサ出力値の変動量は比例的に小さくなっていることを突き止めた。そして、これに基づき以下のように計算することで像担持体の表面状態の影響をキャンセルした値「Dave_1」、「Dave_2」、「Dave_3」を求めることができることを見い出した。以下、第39図を参照しつつ詳述する。

第39図は第1パッチ画像（トナー像）の形成前後でのセンサ出力値の関係を示す図である。同図において、符号 $x1$ は像担持体上の表面領域の位置を示すサンプリング位置であり、第1パッチ画像の形成前後におけるサンプリング位置 $x1$ でのセンサ出力値はそれぞれ $T(x1)$ 、 $D(x1)$ となっている。また同図中の符号 $D0$ は濃度センサの発光素子を消灯した状態で受光素子から出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換した、いわゆる暗出力値を示している。このように暗出力値 $D0$ を求める理由は、センサ出力値から暗出力値 $D0$ を差し引くことで暗出力成分の影響を取り除いて濃度測定精度を高めるためである。すなわち、 $D0$ は

センサでの受光量に関連する基準値である。

ここで、上記したように像担持体上の第 1 パッチ画像の濃度が濃くなるにしたがってセンサ出力値の変動量は比例的に小さくなることから、次式

$$\begin{aligned} & (T_{ave} - D0) / (T(x1) - D0) \\ & = (D_{ave_1} - D0) / (D(x1) - D0) \quad \dots (4.1) \end{aligned}$$

に示す関係が成立すると考えられる。同式(4.1)の左辺はトナー像の形成前における関係を示しており、暗出力値 $D0$ を取り除いた後の、像担持体にトナー像を形成する前の平均センサ出力値 T_{ave} とセンサ出力値 $T(x1)$ との比とを示している。一方、右辺は第 1 パッチ画像と同一濃度のトナー像を均一に形成した時の関係を示しており、該トナー像を像担持体に均一に形成した時のセンサ出力値の平均値 D_{ave_1} (つまり像担持体の表面状態の影響をキャンセルした値) とセンサ出力値 $D(x1)$ との比を示している。そして、これらの比がともに等しいと考えられる。

さらに、式(4.1)を変形すると、

$$(D_{ave_1} - D0) = (D(x1) - D0) \times \{(T_{ave} - D0) / (T(x1) - D0)\} \quad \dots (4.2)$$

が得られる。したがって、暗出力値 $D0$ 、像担持体にトナー像を形成する前の平均センサ出力値 T_{ave} および表面領域 $x1$ でのセンサ出力値 $T(x1)$ を、パッチ画像の形成前に求めておき、実際にパッチ画像を形成した時に第 1 パッチ画像を形成した表面領域 $x1$ でのセンサ出力値 $D(x1)$ を検出し、上記式(4.2)にそれぞれの値を代入することで、像担持体の表面状態の影響および暗出力成分の影響をともに取り除いたセンサ出力値が補正值 $C(x1)$ として得られ、この補正值 $C(x1)$ ($= D_{ave_1} - D0$) に基づき第 1 パッチ画像の画像濃度を正確に求めることが可能となる。

なお、第 39 図には第 1 パッチ画像を形成した場合についてのみ図示しているが、第 2 および第 3 パッチ画像についても全く同様である。

また、上記においては、濃度センサの受光素子からの信号を A/D 変換してセンサ出力値を求め、この単一のセンサ出力値に基づきパッチ画像の画像濃度を求める場合について説明しているが、第 1 実施形態や第 3 実施形態と同様に像担持体からの反射光を 2 つの光成分に分割し、それらの光成分の光量に基づきセンサ

出力値を求め、これら2つのセンサ出力値に基づきパッチ画像の画像濃度を求めるようにしてもよい。特に、パッチ画像がブラクトナーで形成されている場合には前者による濃度測定が適しており、パッチ画像がカラートナーで形成されている場合には後者による濃度測定が適している。

次に、この第4実施形態にかかる画像形成装置の動作について説明する。なお、以下に説明する実施形態にかかる画像形成装置の機械的および電氣的構成については、第1実施形態と同一であるため、説明を省略する。

第40図は第4実施形態において実行される濃度制御因子の最適化処理を示すフローチャートである。この画像形成装置では、上記したタイミングでCPU101は予めROM106に記憶されているプログラムにしたがって装置各部を制御して濃度制御因子の最適値を決定している。

まずパッチ画像を本発明の「像担持体」に相当する中間転写ベルト71に転写するのに先立って、ステップS71～S73を実行して中間転写ベルト71に関する情報を補正情報として求める。すなわち、最初のステップS71では、暗出力電圧 V_{p0} 、 V_{s0} を検出するとともに、それらをA/D変換して得られた値をそれぞれ暗出力値 D_{p0} 、 D_{s0} としてRAM107に記憶する。ここで、「暗出力電圧 V_{p0} 、 V_{s0} 」とは、消灯指令に相当する光量制御信号 $Slc(0)$ を照射光量調整ユニット605に出力して発光素子601を消灯し、この消灯状態でのpおよびs偏光の光量を示す出力電圧であり、pおよびs偏光の暗出力成分を意味している。そして、後述するように実際に検出されたセンサ出力値から暗出力値 D_{p0} 、 D_{s0} をそれぞれ差し引くことで暗出力成分の悪影響を排除し、より高精度な測定が可能となる。このように本実施形態では、センサでの受光量に関連する基準値として暗出力値 D_{p0} 、 D_{s0} を求めており、本発明の「基準値検出工程」に相当している。

次に、光量制御信号 Slc として不感帯を超える信号レベルの信号 $Slc(2)$ を設定し、この光量制御信号 $Slc(2)$ を照射光量調整ユニット605に与えて発光素子601を点灯させる(ステップS72)。すると、発光素子601からの光が中間転写ベルト71に照射されるとともに、中間転写ベルト71で反射された光のp偏光およびs偏光の光量が反射光量検出ユニット607によって検出され、各受光

光量に対応する出力電圧 V_p , V_s が A/D 変換されてセンサ出力値として CPU 101 に入力される。そして、CPU 101 がセンサ出力値に基づき補正情報をそれぞれ算出し、RAM 107 に記憶する（ステップ S 73 ; 補正情報検出工程）。

第 41 図は補正情報の算出処理を示すフローチャートである。この補正情報の算出処理（ステップ S 73）では、垂直同期信号 V_{sync} が出力されてから所定時間だけ経過する（ステップ S 731）と、p 偏光および s 偏光のセンサ出力値 $T_p(x)$, $T_s(x)$ のサンプリングを開始し、パッチ画像を形成する前の中間転写ベルト 71 の 1 周期分のセンサ出力値を検出して以下の 3 種類のプロファイルを補正情報として求め、RAM 107 に記憶する（ステップ S 732）。

p 偏光のプロファイル : $T_p(x) - D_{p0}$

s 偏光のプロファイル : $T_s(x) - D_{s0}$

p s 比のプロファイル : $T_{ps}(x)$

なお、 $T_{ps}(x)$ とは、各サンプリング位置 x での p 偏光と s 偏光との比、つまり、

$$T_{ps}(x) = S_g \times \{ (T_p(x) - D_{p0}) / (T_s(x) - D_{s0}) \}$$

である。ここで、符号 S_g は s 偏光に関するゲイン倍率を示しており、この実施形態ではカラートナーの最大濃度時の各センサ出力値がともに同一値となるように各アンプ回路 673 p、673 s のゲインを設定している（第 42 図）。このため、画像濃度の変化に応じてセンサ出力値も大きく変化し、特にカラートナーについては p s 比 $T_{ps}(x)$ は画像濃度の増大にしたがって減少し、最大濃度で「1」となる。

また、p 偏光および p s 比の平均センサ出力値、つまり、

p 偏光の平均センサ出力値 : $T_{p_ave} - D_{p0}$

p s 比の平均センサ出力値 : $T_{ps_ave} - D_{ps}(\text{color})$

をそれぞれ求め、RAM 107 に記憶する（ステップ S 733）。ここで、符号 $D_{ps}(\text{color})$ は以下の内容を意味している。上述したように、カラートナー最大濃度検出時に p s 比が「1」となることを基本に設定しているが、実際にはセンサを構成する部品のばらつき、さらに設定時の出力検出器精度、調整方法などによる調整精度により、厳密に「1」に設定できない場合がある。また、使用されるトナーの仕様、色、ロットなどにより、各トナーの最大濃度を検出した場合の出力

は「1」に対して変動する。この際、最大濃度検出時は「1」であると固定して計算してしまうと、カラートナーの検出精度および補正精度を低下させる要因となってしまう。そこで、センサによる各カラートナーの最大濃度検出値を単純に「1」と固定するのではなく、 $D_{ps}(\text{color})$ として設定可能とし、これにより p s 比によるカラートナー検出精度を向上させている。つまり、 $D_{ps}(\text{color})$ とはカラートナー検出時のセンサ受光量に関連する基準値であり、式(4-2)における D_0 に相当する。

こうして補正情報が得られると、第40図のステップS74に進んでバッチセンシング処理を行う。第43図はバッチセンシング処理を示すフローチャートである。このバッチセンシング処理（ステップS74）では、濃度制御因子を多段階に変化させながらROM106に予め記憶されたバッチ画像信号に対応するバッチ画像を感光体2上に形成するとともに、該バッチ画像を中間転写ベルト71に転写する（ステップS741）。

そして、補正情報の算出処理（ステップS73）の場合と同様に、垂直同期信号Vsyncが出力されてから所定時間だけ経過した（ステップS742）後、濃度センサ60のセンシング位置にバッチ画像が移動してくることにステップS743～S748を実行して全バッチ画像に対して補正值を求める。すなわち、ステップS743でバッチ画像がブラックトナー（K）により形成されたものか、カラートナー（Y, M, C）により形成されたものを判定し、ブラックトナーの場合には、そのバッチ画像が形成された表面領域に対応するサンプリング位置 x でのセンサ出力値 $D_p(x)$ を検出する（ステップS744；出力検出工程）。そして、式(4-2)に相当する式、

$$C_p(x) = (D_{p_ave} - D_{p0}) = (D_p(x) - D_{p0}) \times \{(T_{p_ave} - D_{p0}) / (T_{p(x)} - D_{p0})\} \quad \dots (4-2A)$$

に基づき補正值 $C_p(x)$ を算出する（ステップS745、第44図参照）。すなわち、RAM107に記憶されている p 偏光の平均センサ出力値 $(T_{p_ave} - D_{p0})$ 、サンプリング位置 x でのセンサ出力値 $(T_{p(x)} - D_{p0})$ 、および暗出力値 D_{p0} を読み出し、上記のようにして検出したセンサ出力値 $D_p(x)$ と併せて上記式(4-2A)に代入してセンサ出力値 $D_p(x)$ を補正して補正值 $C_p(x)$ を算出する（補正值算出工

程)。

一方、ステップS 7 4 3でカラートナーであると判定した場合には、そのパッチ画像が形成された表面領域に対応するサンプリング位置xでのセンサ出力値D_p(x)、D_s(x)を検出する(ステップS 7 4 6)。そして、式(4-2)に相当する式、

$$C_{ps}(x) = D_{ps_ave} = (D_{ps}(x) - D_{ps}(color)) \times \{(T_{ps_ave} - D_{ps}(color)) / (T_{ps}(x) - D_{ps}(color))\} + D_{ps}(color) \quad \dots (4-2B)$$

に基づき補正值C_{ps}(x)を算出する(ステップS 7 4 7、第45図参照)。すなわち、RAM 107に記憶されているp s比の平均センサ出力値{T_{ps_ave} - D_{ps}(color)}、サンプリング位置xでのp s比の値{T_{ps}(x) - D_{ps}(color)}、および基準値D_{ps}(color)を読み出し、上記のようにして検出したセンサ出力値D_p(x)およびD_s(x)のp s比D_{ps}(x)と併せて上記式(4-2B)に代入してp s比を補正して補正值C_{ps}(x)を算出する(補正值算出工程)。

このような検出動作(ステップS 7 4 4, S 7 4 6)および算出処理(ステップS 7 4 5, S 7 4 7)が全てのパッチ画像に対して実行される、つまりステップS 7 4 8で「YES」と判定すると、第40図のステップS 7 5に進み、各パッチ画像の画像濃度を補正值C_p(x)、C_{ps}(x)に基づき算出する。そして、これらの画像濃度に基づき濃度制御因子の最適値を決定する(ステップS 7 6; 濃度導出工程)。

以上のように、この実施形態によれば、中間転写ベルト71に形成されるパッチ画像(トナー像)の画像濃度を求めるのに先立って、中間転写ベルト71の表面状態を示す3種類のプロファイルを補正情報として予め記憶しておき、パッチ画像の画像濃度を求める際には、濃度センサ60によって検出されるセンサ出力値をそのまま用いて画像濃度を求めるのではなく、そのセンサ出力値を補正情報によって補正しているので、中間転写ベルト71の表面状態による影響をキャンセルしてパッチ画像の画像濃度を高精度に測定することができ、その測定結果に基づき安定した濃度で画像を形成することが可能となる。

また、上記実施形態では、パッチ画像の濃度を考慮した上でパッチ画像の画像濃度を求めている。すなわち、中間転写ベルト71上のパッチ画像の濃度に応じて補正情報を補正しているので、画像濃度の測定精度をさらに向上させることが

できる。しかも、補正値を求める方法として２種類の処理、つまりステップＳ 7 4 4、Ｓ 7 4 5 を実行して補正値 $C_p(x)$ を求める処理と、ステップＳ 7 4 6、Ｓ 7 4 7 を実行して補正値 $C_{ps}(x)$ を求める処理とを用意し、パッチ画像を形成するトナー色に応じて選択的に実行しているため、各トナー色に対応した最適な処理でパッチ画像の画像濃度を求めることができ、画像濃度の測定精度を向上させる上で有利なものとなっている。

ところで、上記した濃度センサ 6 0 からの出力電圧 V_p 、 V_s には、ローラ 7 5 および中間転写ベルト 7 1 の微小な汚れや傷による反射率の変化、さらにはセンサ回路に混入する電気的なノイズ等に起因するスパイク状のノイズが重畳していることがある。そこで、第 1 実施形態や第 3 実施形態と同様に、スパイクノイズ除去を実行するのが望ましい。

なお、第 4 0 図のステップＳ 7 5 で補正値 $C_p(x)$ 、 $C_{ps}(x)$ に基づきパッチ画像の濃度そのものを求めているが、濃度値に代わりに濃度を指標する値に変換するようにしてもよい。例えばブラックトナーで形成されたパッチ画像の画像濃度を指標する評価値 A を、次式

$$\text{評価値 } A = 1 - C_p(x) / T_{p_ave}$$

に基づき求める一方、カラートナーで形成されたパッチ画像の画像濃度を指標する評価値 A を、次式

$$\text{評価値 } A = 1 - \{C_{ps}(x) - D_{ps}(\text{color})\} / \{T_{ps_ave} - D_{ps}(\text{color})\}$$

に基づき求めるようにしてもよい。これらの評価値は、各色毎のトナー付着量を表す尺度として、中間転写ベルト 7 1 の表面状態を示す補正情報を用いてパッチ画像についての検出値を正規化したものである。評価値は画像濃度と同様にトナー個性情報と装置の稼動状況（例えばトナーの使用状況）に応じて変動するが、各状況における評価値と画像濃度との関係は予め実験により求めテーブル化して記憶しておくことが可能である。したがって、評価値は、検出誤差を補正した画像濃度を表す尺度として好適なものである。

また、上記第 4 実施形態では p 偏光と s 偏光との比に基づきカラートナーで形成されたパッチ画像の濃度を求めているが、 p 偏光と s 偏光との差に基づきパッチ画像の濃度を求めるようにしてもよい。以下、第 4 6 図～第 4 8 図を参照しつ

つ説明する。

まずパッチ画像を本発明の「像担持体」に相当する中間転写ベルト 7 1 に転写するのに先立って、第 4 実施形態と同様に、ステップ S 7 1 ～ S 7 3 を実行して中間転写ベルト 7 1 に関する情報を補正情報として求める。ただし、後述するようにカラーパッチ画像の濃度については、p 偏光と s 偏光との差に基づき求めるため、第 4 6 図に示す動作フローにしたがって補正情報を算出している。

第 4 6 図は補正情報の算出処理を示すフローチャートである。この補正情報の算出処理では、垂直同期信号 V sync が出力されてから所定時間だけ経過する（ステップ S 7 3 1）と、p 偏光および s 偏光のセンサ出力値 $T_p(x)$ 、 $T_s(x)$ のサンプリングを開始し、パッチ画像を形成する前の中間転写ベルト 7 1 の 1 周期分のセンサ出力値を検出して以下の 3 種類のプロファイルを補正情報として求め、RAM 1 0 7 に記憶する（ステップ S 7 3 4）。

p 偏光のプロファイル： $T_p(x) - D_{p0}$

s 偏光のプロファイル： $T_s(x) - D_{s0}$

p s 差のプロファイル： $T_{p_s}(x)$

なお、 $T_{p_s}(x)$ とは、各サンプリング位置 x での p 偏光と s 偏光との差、つまり、

$$T_{p_s}(x) = S_g \times \{T_p(x) - D_{p0}\} - \{T_s(x) - D_{s0}\}$$

である。そして、この実施形態においても、カラートナーの最大濃度時の各センサ出力値がともに同一値となるように各アンプ回路 6 7 3 p、6 7 3 s のゲインを設定している（第 4 2 図）。このため、画像濃度の変化に応じてセンサ出力値も大きく変化し、特にカラートナーについては p s 差 $T_{p_s}(x)$ は画像濃度の増大にしたがって減少していく。

また、p 偏光および p s 差の平均センサ出力値、つまり、

p 偏光の平均センサ出力値： $T_{p_ave} - D_{p0}$

p s 差の平均センサ出力値： $T_{p_s_ave} = \{S_g \times \Sigma [T_p(x) - D_{p0}] - \Sigma [T_s(x) - D_{s0}]\} / (\text{サンプリング数})$

をそれぞれ求め、RAM 1 0 7 に記憶する（ステップ S 7 3 5）。

こうして補正情報が得られると、第 4 7 図に示すパッチセンシング処理を行う。

第47図はパッチセンシング処理を示すフローチャートである。このパッチセンシング処理では、カラーに関する補正值の算出方法を除いて、第4実施形態におけるパッチセンシング処理（第43図）と同一のステップを実行する。すなわち、ステップS741で濃度制御因子を多段階に変化させながらパッチ画像を感光体2上に形成するとともに、該パッチ画像を中間転写ベルト71に転写する。また、垂直同期信号Vsyncが出力されてから所定時間だけ経過した（ステップS742）後、濃度センサ60のセンシング位置にブラクトナー（K）で形成されたパッチ画像が移動してくると、そのパッチ画像が形成された表面領域に対応するサンプリング位置xでのセンサ出力値D_p(x)を検出する（ステップS744；出力検出工程）。そして、式(4-2)に相当する式、

$$C_p(x) = (D_{p_ave} - D_{p0}) = (D_p(x) - D_{p0}) \times \{(T_{p_ave} - D_{p0}) / [T_{p(x)} - D_{p0}]\} \quad \dots \quad (4-2A)$$

に基づき補正值C_p(x)を算出する（ステップS745、第44図参照）。すなわち、RAM107に記憶されているp偏光の平均センサ出力値（T_{p_ave} - D_{p0}）、サンプリング位置xでのセンサ出力値（T_{p(x)} - D_{p0}）、および暗出力値D_{p0}を読み出し、上記のようにして検出したセンサ出力値D_p(x)と併せて上記式(4-2A)に代入してセンサ出力値D_p(x)を補正して補正值C_p(x)を算出する（補正值算出工程）。

一方、濃度センサ60のセンシング位置にブラクトナー（K）で形成されたパッチ画像が移動してくると、そのパッチ画像が形成された表面領域に対応するサンプリング位置xでのセンサ出力値D_p(x)、D_s(x)を検出する（ステップS746）。そして、式(4-2)に相当する式、

$$C_{p_s}(x) = D_{p_s_ave} = D_{p_s}(x) \times (T_{p_s_ave} / T_{p_s}(x)) \quad \dots \quad (4-2C)$$

に基づき補正值C_{p_s}(x)を算出する（ステップS749、第48図参照）。すなわち、RAM107に記憶されているp s差の平均センサ出力値（T_{p_s_ave}）、サンプリング位置xでのp s差の値（T_{p_s(x)}）を読み出し、上記のようにして検出したセンサ出力値D_p(x)およびD_s(x)のp s差D_{p_s}(x)と併せて上記式(4-2C)に代入してp s差を補正して補正值C_{p_s}(x)を算出する（補正值算出工程）。

このような検出動作（ステップS744、S746）および算出処理（ステッ

ブ S 7 4 5 , S 7 4 9) が全てのパッチ画像に対して実行される、つまりステップ S 7 4 8 で「YES」と判定すると、各パッチ画像の画像濃度を補正值 $C_p(x)$, $C_{p_s}(x)$ に基づき算出する。そして、これらの画像濃度に基づき濃度制御因子の最適値を決定する。

なお、スパイクノイズ除去を実行するのが望ましい点、また濃度値の代わりに濃度を指標する値に変換するようにしてもよい点については、上記第 4 実施形態と同様である。

< 第 5 実施形態 >

ところで、非接触現像方式の画像形成装置では、現像ローラ 4 4 と感光体 2 とがギャップを隔てて対向配置されているが、このギャップの大きさは、装置の製造上のばらつきや熱膨張による変形等に起因して、装置毎に、また 1 台の装置においても位置によって、あるいは経時的に微妙に変動することとなる。このようなギャップ変動があるとトナーを飛翔させる交番電界の強度も変動してしまう。その結果、トナー像の画像濃度が大きく変動することがあった。そこで、非接触現像方式の画像形成装置に好適なパッチ処理技術について検討した。

第 4 9 図は、非接触現像方式の画像形成装置における現像位置を示す図である。また、第 5 0 図は、現像バイアスの波形の例を示す図である。この装置では、感光体 2 との対向位置に配置された一の現像器（例えば第 1 図ではイエロー現像器 4 Y）に設けられた現像ローラ 4 4 と感光体 2 とがギャップ G を隔てて対向配置されている。そして、現像ローラ 4 4 に対して、現像制御部 1 0 4 から現像バイアスが印加される。この現像バイアスは、第 5 0 図 (a) に示すように、直流成分 V_{avg} に対して振幅 V_{pp} なる矩形波電圧が重畳された波形を有する交番電圧である。後述するように、このような波形の現像バイアスを印加することにより、その振幅 V_{pp} によりトナーの飛翔量を制御することができる一方、その直流成分 V_{avg} により画像濃度を制御することが可能である。

なお、現像バイアスとしての交番電圧の波形はこれに限定されるものではなく、例えば直流成分に正弦波や三角波を重畳したものであってもよい。また例えば第 5 0 図 (b) に示すように、そのデューティ比が 5 0 % でない波形を用いてもよい。この場合には、その直流成分 V_{avg} としては、加重平均電圧、すなわち、時

間とともに振幅の変化する電圧波形の瞬時値をある時間範囲について平均化して直流電圧値に換算した値を用いることができる。

この現像バイアスのデューティ比については、感光体2へのトナー付着を促進する方向、すなわち第50図(b)の波形ではその1周期(符号 t_0)に対する負(同図における上側)の電圧が加わる期間(符号 t_1)のデューティ、すなわち(t_1/t_0)を50%より小さくしてゆくと細線画像の濃度が上昇することが発明者の実験によりわかっている。さらに詳細に説明すると、現像バイアスの振幅 V_{pp} を一定に保った状態でデューティ比を変え、そのときのベタ画像の濃度が一定となるように直流成分 V_{avg} を調整した場合、細線画像の濃度にはデューティ依存性があり、デューティ比が小さいほど細線画像の濃度はより高くなる、という知見を発明者は得ている。また、装置の経時変化やトナーの劣化によりトナーの飛翔性が低下すると特に細線画像の品質が劣化しやすい。そこで、より安定した画質で細線画像を継続的に形成するためには負電圧が加わる期間を50%より小さくすることが好ましく、現像バイアスのデューティ比(t_1/t_0)としては30~48%、さらに望ましくは35~45%程度とするのがよい。

第49図に戻って、現像ローラ44に現像バイアスとしての交番電圧が印加されると、現像ローラ44と感光体2とに挟まれた現像位置DPには交番電界が発生する。この電界の作用により、現像ローラ44に担持されたトナーTNの一部が現像ローラ44から遊離して現像位置DPに飛翔し往復運動する(符号T3)。こうして飛翔したトナーが感光体2各部にその表面電位に応じて付着することによって、感光体2上の静電潜像がトナーにより現像される。

ここで、上記のようにして行う現像プロセスでは、現像位置DPに飛翔させるトナーの量には適当な範囲がある。第51図は、感光体2上のトナー密度とトナー像の光学濃度との関係を示す図である。第51図に示すように、トナー像を構成するトナーの密度を高くすればその光学濃度は高くなる。しかし、トナーが密に付着した状態になれば、それ以上に付着トナー量を増加させても光学濃度はあまり変化しなくなり、第51図に示すようにトナー密度の高い領域で飽和特性を示す。言い換えれば、このような高密度にトナーが付着する状態では、感光体2に付着するトナー量に多少の変動があったとしてもその画像濃度はほとんど変化

しない。トナー像として感光体 2 に付着するトナーの密度は現像位置 D P に飛翔するトナー量に依存するから、この特性は、トナーの飛翔量のある程度多くしておけば、その量に多少の変動があっても得られるトナー像の濃度変化を少なくできるということを示している。

非接触現像方式の画像形成装置において、濃度ムラが少なく、かつ画像コントラストの高いトナー像を形成するためには、このように画像濃度変化の少ないトナー飛翔量が得られる条件で画像形成を行うことが好ましい。というのは、非接触現像方式の装置では製造上の理由からギャップ G にある程度の変動が生ずるのは避けられないが、こうすることでギャップ変動に起因する画像濃度の変動を抑制することができるからである。但し、付着させるトナー量を多くしすぎると、トナーの消耗が激しくなり、また後述する転写・定着プロセスに支障を来すおそれもあるため、これらの要請によりトナー量の上限が規制される。

この実施形態では、以下の (1)、(2) に示す構成とすることで必要十分なトナー飛翔量を確保するとともに、後述するように、直流現像バイアスと露光エネルギーとを制御することで画像濃度の調整を行っている。

(1) 規制ブレード 45 により、現像ローラ 44 上のトナー層の厚みをトナー 2 層程度に規制している。トナー層を構成するトナー T N のうち、現像ローラ 44 と直接接触しているトナー (第 49 図に示す符号 T 4) には現像ローラ 44 との間に強い鏡像力が作用しているので飛翔し難い。そこで、トナー層の厚みをトナー 2 層程度として、直接現像ローラ 44 に接触せずより飛翔しやすいトナーの量を増やしている。このように飛翔しやすいトナーが存在すると、そのトナーは比較的小さな力によって現像ローラ 44 から飛翔することができ、かつ、そのトナーが交番電界に応じ往復運動を行う中で現像ローラ 44 上のトナー T 4 に衝突することでトナー T 4 を飛翔させる効果もある。そのため、十分な量のトナーを現像位置 D P に供給することができる。

(2) 現像バイアスの振幅 V_{pp} を、現像位置 D P で放電が発生しない程度でできるだけ大きくしている。この実施形態のような非接触現像方式の画像形成装置では、現像位置 D P に発生させる電界強度を変化させることによりトナー飛翔量を制御することが可能であるが、ギャップ G (第 49 図) の変動によっても交番

電界の強度は変化する。そこで、交番電圧の振幅 V_{pp} をできるだけ高く設定することで、ギャップ G が大きく電界が弱い場合でも十分な量のトナーを飛翔させることができるようにしている。但し、電圧を高くしすぎると現像ローラ 44 と感光体 2 との間で放電が発生し著しく画質を損ねることとなるので、このような放電が起きない程度の電圧とする必要がある。この第 3 実施形態では、ギャップ G の設計中心値は $150\text{ }\mu\text{m}$ であるが、現像ローラ 44 と感光体 2 が最も近接するときのギャップを $80\text{ }\mu\text{m}$ として、現像バイアスの振幅 V_{pp} を 1500 V に設定しており、またその周波数を 3 kHz としている。また、現像バイアスのデューティ比を 40% としている。

そして、画質の良好なトナー像を安定して形成するため、この第 5 実施形態にかかる画像形成装置では、電源投入時などの適当なタイミングで所定のバッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて画像形成条件を最適化するバッチ処理を行っている。具体的には、エンジンコントローラ 10 の CPU 101 が予め記憶されたプログラムを実行して、各トナー色毎に第 52 図に示す処理を行っている。第 52 図は、この画像形成装置のバッチ処理を示すフローチャートである。このバッチ処理の概要は次の通りである。

第 52 図の左側に示した処理では、露光ビーム L の単位面積当たりのエネルギー（以下、単に「露光エネルギー」という） E を一定の値、例えばその可変範囲における中央値に仮設定した状態で（ステップ S81）、現像バイアスの直流成分（以下、「直流現像バイアス」という） V_{avg} を変更設定しながら各バイアス条件の下で高濃度用バッチ画像として例えばベタ画像を形成する（ステップ S82～S85）。そして、こうして形成した各バッチ画像の画像濃度を濃度センサ 60 により検出し（ステップ S86）、その濃度が予め設定された目標値、この実施形態では光学濃度 $OD = 1.3$ にほぼ一致するときのバイアス値を求めてその値を最適現像バイアスとする。

それに続いて、第 52 図の右側の処理を実行する。すなわち、直流現像バイアス V_{avg} を先に求めた最適現像バイアスに設定し（ステップ S91）、露光エネルギー E を変更設定しながら各エネルギー条件の下で低濃度用バッチ画像として例えば 1 オン 10 オフのパターンのように互いに離隔配置された複数の 1 ドットラ

インからなる細線画像を形成する(ステップS 9 2 ~ S 9 5)。そして、こうして形成した各パッチ画像の画像濃度を濃度センサ6 0により検出し(ステップS 9 6)、その濃度が予め設定された目標値、この実施形態では光学濃度OD = 0. 2 2にほぼ一致するときの露光エネルギーを求めてその値を最適露光エネルギーとしている。

このようにする理由について、第5 3図を参照しつつ説明する。第5 3図は、ベタ画像および細線画像に対応する静電潜像を形成した場合の感光体2の表面電位プロファイルの例を示す図である。均一の表面電位 V_u に帯電した感光体2を部分的に光ビームLにより露光すると、その部分の電荷が中和されて感光体2の表面に静電潜像が形成されるが、ベタ画像のような高濃度用の画像では感光体2表面の比較的広い範囲が露光されているため、その表面電位プロファイルは、感光体2の特性で決まる残留電位 V_r 程度まで低下した井戸型となる。一方、細線画像のような低濃度用画像では露光される領域が狭いため、その表面電位 V_{sur} は鋭いディップ状のプロファイルを有することとなる。なお、同図では低濃度用画像として1ラインのみの例を示しているが、互いに離隔配置されている複数のラインの場合も同様である。

そして、このような電位プロファイルを有する静電潜像がトナーを担持する現像ローラ4 4と対向する現像位置DPに搬送されてくると、この現像位置DPで往復飛翔しているトナーは、現像ローラ4 4、感光体2各部の直流電位に応じてそのいずれかに付着する。このとき、直流現像バイアス V_{avg} と感光体2の表面電位 V_{sur} との電位差が大きいほど現像ローラ4 4から感光体2へのトナー移行が促進されるため、この電位差すなわちコントラスト電位 V_{cont} が大きいほど感光体2に付着するトナーの密度は高くなり、それに伴って画像濃度も高くなる。

ここで、露光エネルギーを変化させた場合を考えると、第5 3図の点線で示すように、ベタ画像では表面電位プロファイルの変化は小さいのに対し、細線画像ではディップの深さまたは幅、あるいはその両方が大きく変化することとなる。このように、静電潜像の電位プロファイルに対する露光エネルギーの影響は、ベタ画像では小さく、細線画像で大きくなる。したがって、現像されるトナー像の濃度も、ベタ画像では変化が小さいのに対し細線画像では露光エネルギーEに

より大きく変化することとなる。

一方、直流現像バイアス V_{avg} を変化させた場合には、コントラスト電位 V_{cont} が変化することとなるため、ベタ画像、細線画像いずれの場合においてもその画像濃度が大きく変化する。

このように、2つのパラメータ、すなわち直流現像バイアス V_{avg} と露光エネルギー E とでは、ベタ画像、細線画像それぞれの画像濃度に及ぼす影響が異なっている。すなわち、細線画像の画像濃度は直流現像バイアス V_{avg} 、露光エネルギー E の双方に大きく影響されるのに対し、ベタ画像の画像濃度は直流現像バイアス V_{avg} によって大きく変化するものの、露光エネルギー E によってはあまり変化しない。

このことについて、第54図を参照してさらに詳しく説明する。第54図は、ベタ画像および細線画像に対する等濃度曲線を示す図であるが、より具体的には、直流現像バイアス V_{avg} と露光エネルギー E との組み合わせ (V_{avg} , E) を変えながらベタ画像および細線画像を形成したときに、それぞれの画像濃度が目標濃度 ($OD = 1.3$ および $OD = 0.22$) に一致するような組み合わせを示すものである。

上記したように、ベタ画像の濃度に対する露光エネルギー E の影響は小さいので、ベタ画像において光学濃度 $OD = 1.3$ を示す等濃度曲線は、第54図の実線に示すように垂直に近い傾きを有している。その意味するところは次の通りである。すなわち、直流現像バイアス V_{avg} と露光エネルギー E との組み合わせ (V_{avg} , E) がこの曲線上にあるとき、この条件でベタ画像を形成すれば常に目標値 $OD = 1.3$ の画像濃度が得られる。ここで、第54図に示す符号 EA 以上の露光エネルギー領域では曲線の傾きがほぼ垂直であることから、直流現像バイアス V_{avg} を同図に示す電位 VA に定めれば、この領域では露光エネルギー E の値によらず目標濃度のベタ画像が得られることとなる。なお、露光エネルギー EA 以下で等濃度曲線が湾曲しているのは、このような弱いエネルギーでの露光では感光体2の表面電位 V_{sur} が残留電位 V_r 程度まで十分に低下せず、そのエネルギーの大小によって潜像の深さが変化することに起因する。

このことから、 EA 以上の露光エネルギー E (この実施形態では、その可変範

囲における中央値がEAより大きくなるように設定されている)の下で、種々の直流現像バイアス V_{avg} で高濃度用バッチ画像としてのベタ画像を形成し、その濃度が目標値($OD=1.3$)となるようなバイアス電位VAを求めることにより、ベタ画像で所望の画像濃度を得るための直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求めることができる。なお、上記したように、ベタ画像においては露光エネルギーEはEA以上の任意の値としてよい。

一方、細線画像においては、その画像濃度は露光エネルギーE、直流現像バイアス V_{avg} のいずれによっても変化し、その等濃度曲線は、第54図の破線に示すように右下がりの曲線となる。

さて、ベタ画像および細線画像のいずれにおいても目標どおりの画像濃度を得るためには、直流現像バイアス V_{avg} 、露光エネルギーEを第54図の2つの曲線の交点に相当する組み合わせとなるように設定すればよい。ここで、この交点に対応する直流現像バイアス V_{avg} の値は、ベタ画像に対応する等濃度曲線がほぼ垂直な傾きを有していることから明らかなように、目標濃度のベタ画像を得られるバイアス電位VAとして既に求められている値とほぼ同じとなる。つまり、先に求めたベタ画像での最適直流現像バイアスVAは、細線画像でも目標濃度を得ることのできるこの装置における最適現像バイアス V_{op} であったことがわかる。したがって、直流現像バイアス V_{avg} としてこの最適値 V_{op} を与えながら、種々の露光エネルギーEで低濃度用バッチ画像としての細線画像を形成し、その濃度が目標値($OD=0.22$)となるような露光エネルギー E_{op} を求めることにより、ベタ画像、細線画像で共に目標濃度を満足する画像形成条件(V_{op} , E_{op})を求めることができるのである。

なお、直流現像バイアス V_{avg} および露光エネルギーEの可変範囲を定めるにあたっては、その実現可能な組み合わせの範囲の中でベタ画像、細線画像ともに所望の画像濃度が得られることはもちろんであるが、次のような事柄も考慮される。

すなわち、所望の画像濃度を得るべくコントラスト電位(第53図に示す V_{cont})を極端に大きくまたは小さくすると、画像のにじみ(コントラスト電位 V_{cont} が高すぎる場合、例えば1cm角程度のベタ画像を形成するとその画像の周

辺にトナーの飛び散りが発生する)や歪み(コントラスト電位 V_{cont} が低い場合、例えば1cm角程度のベタ画像を形成するとその画像は正方形でなく菱形状に歪む)など他の要因による画質劣化を引き起こすことがあり、また感光体2の残留電位 V_r はその温度や製造ばらつきによるばらつきを有しているため、直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲は感光体2のばらつきをカバーしつつ、コントラスト電位 V_{cont} を所定の範囲内に収めることができるような範囲に決める必要がある。この実施形態では、直流現像バイアス V_{avg} の可変範囲を(−110V)～(−330V)に設定している。

さらに、発明者らの知見によれば、感光体2表面のうち露光されていない領域(非画像部)の表面電位 V_u と直流現像バイアス V_{avg} との電位差も画質に影響を与えることがわかっている。例えば、この電位差が大きくなると、非画像部へのトナーのカブリの増加や孤立ドットラインの再現性低下を招く。一方、この電位差が小さくなると地汚れが発生しやすくなる。そこで、この実施形態では、直流現像バイアス V_{avg} を変更するのに連動させて帯電制御部(第2図)からの帯電バイアスを変更しており、これにより両者の電位差($|V_u| - |V_{avg}|$)を一定値(350V)に保持している。

また、ベタ画像における静電潜像の深さは露光エネルギー E による変化は少ないものの、全く変化しないわけではないから、露光エネルギー E の可変範囲を大きくしすぎると露光エネルギー E の変化によってベタ画像の濃度も変動することとなり、最適な画像形成条件を見出すのが困難となる。そこで、露光エネルギー E が変化してもベタ画像の濃度変化が無視できる程度とするために、露光エネルギー E をその可変範囲における最小値から最大値まで変化させたとき、静電潜像のうちベタ画像に対応する領域の表面電位の変化が20V以内、より望ましくは10V以内となるように、露光エネルギー E の可変範囲を定めるのがよい。

なお、これらの値は本実施形態の構成に即して決められたものであって、装置構成に応じて適宜改変されるべきものであることはいうまでもない。

以上のように、この実施形態では、トナーを飛翔させやすくするために現像ローラ44に担持されるトナー層の厚みをトナー1層より多くし、かつ現像バイアスの振幅 V_{pp} をできるだけ高く設定することで、予め現像位置DPにおけるトナ

一飛翔量を十分多くしておき、画像形成条件を構成する2つのパラメータ（直流現像バイアス V_{avg} 、露光エネルギー E ）を制御することによって画像濃度を調節するようにしている。

また、これらのパラメータを最適化するのに際して、まず露光エネルギー E を一定値に仮設定した状態で、直流現像バイアス V_{avg} を種々の値に変更しながら高濃度用パッチ画像としてのベタ画像を形成し、その画像濃度に基づいて直流現像バイアスの最適値 V_{op} を求めている。そして、こうして求めた最適直流現像バイアス V_{op} の下で、露光エネルギー E を種々の値に変更しながら低濃度用パッチ画像としての細線画像を形成し、その画像濃度に基づいて露光エネルギーの最適値 E_{op} を求めている。

このように、この実施形態の画像形成装置では、比較的簡単な処理によって、各パラメータについて1つずつ個別に、しかも確実にそれぞれの最適値を求めることができ、こうして最適化された画像形成条件の下で画像形成を行うことによって、画質の良好なトナー像を安定して形成することが可能となっている。

<第6実施形態>

次に、本発明にかかる画像形成装置の第6実施形態について説明する。この実施形態の装置は、第5実施形態と比較してその現像器の構成が一部異なっているが、その他の構成および動作については同一であるのでここでは説明を省略する。第5図は、この発明にかかる画像形成装置の第6実施形態を示す図である。この実施形態においては、現像ローラ44は、金属ローラ441と、その表面に形成された抵抗層442とで構成されている。この抵抗層442は本発明の「表面層」に相当するものであって、例えば導電粉を分散させた樹脂層で形成されている。ここで、導電粉としてはアルミニウムなどの金属粉、カーボンブラック等を、また樹脂層としてはフェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリウレタン樹脂、ナイロン樹脂等を用いることができる。さらに、この抵抗層442の比抵抗は $10^4 \Omega \text{ cm}$ 以上であることが好ましい。

このように、抵抗層442を設けたことによってトナー T_N と金属ローラ441とが直接接触することは防止されており、これによりトナー T_N に作用する鏡像力は低減されて、現像ローラ44からのトナー飛翔性が向上している。これに

伴って、この実施形態では、第55図に示すように、規制ブレード45が現像ローラ44上のトナー層の厚みを略トナー1層に規制している。というのは、抵抗層442を設けたことで、第55図に示すように現像ローラ44と直接接触しているトナーT5も飛翔しやすくなっており、その結果、搬送されるトナー量は少なくとも現像位置DPに十分な量のトナーを飛翔させることができるようになっていいるからである。

このように構成された装置においても、第1実施形態の装置と同様の処理（第52図）を行うことにより、直流現像バイアス V_{avg} および露光エネルギー E の最適値を、簡単な処理によって個別に求めることが可能であり、こうして最適化された画像形成条件の下で画像形成を行うことによって、画質の良好なトナー像を安定して形成することができるのである。

以上のように、上記した第5および第6の実施形態の装置は、それぞれその手法は異なるものの、いずれも現像位置DPにおけるトナー飛翔量を大きくした構成となっており、上記したパッチ処理技術を好適に適用できるものである。この技術は、他の手法によりトナー飛翔量を大きくした装置においても有効である。このようにトナー飛翔量を高める手法としては、上記以外にも種々のものが考えられる。

例えば、トナーの外添剤として酸化チタンを用いると、トナー粒子と現像ローラ44表面との間で作用するいわゆる分子間力を効果的に低減することが可能となり、その結果として、トナーの飛翔性が向上する。また、トナーと現像ローラ44との分子間力の大きさを評価する指標としてトナーの流動性がある。トナーの流動性が高いトナーほど分子間力を小さくでき、本発明に用いるトナーとして好適な流動性の目安はその安息角で 25° 以下である。さらに、トナーの流動性はトナー母粒子に対する外添剤の被覆率に依存し、その被覆率を1以上とすることで分子間力を低減してその流動性を高めることができる。ここで、外添剤の被覆率は下式にて定義する：

$$(\text{被覆率}) = (D \cdot \rho_1 \cdot w) / (d \cdot \rho_2 \cdot W \cdot \pi) \quad \dots (6-1)$$

上式において、Dおよびdはトナー母粒子および外添剤それぞれの体積平均粒径、 ρ_1 および ρ_2 はトナー母粒子および外添剤それぞれの真比重、Wおよびwはト

ナー母粒子および外添剤それぞれの質量、 π は円周率である。

また、同じ帯電量であればその粒径が小さいほど鏡像力が大きくなるので、鏡像力を低くするために、比較的粒径の大きなトナーを用いることも有効である。発明者らの実験によれば、その体積平均粒径が $8\mu\text{m}$ 以上のトナーを使用することにより、十分なトナー飛翔量を確保することができることがわかった。

なお、上記した第5および第6実施形態では、直流現像バイアス V_{avg} の最適値を求めるためのパッチ画像を形成する際に露光エネルギー E の値をその可変範囲における中央値に仮設定しているが、このときの露光エネルギーの値はこれに限定されるものではなく任意である。但し、露光エネルギーが大きすぎると潜像に付着するトナー量が多くなりトナーの消費量が増大してしまう。また、露光エネルギーが小さすぎると細線画像のみならずベタ画像の濃度も露光エネルギーにより変化してしまうこととなり、最適な画像形成条件を精度よく求めることが難しくなるので、このときの露光エネルギーは第54図に示す符号 E_A 以上であまり大きすぎない値とすることが好ましい。

<その他>

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば、以下のように構成することができる。

上記した各実施形態では、高濃度用パッチ画像としてベタ画像を、また低濃度用パッチ画像として互いに離隔配置された複数の1ドットラインからなる細線画像を用いているが、パッチ画像として用いることのできる画像はこれらに限定されるものではなく、他のパターンを有する画像であってもよい。これらは使用されるトナーの特性や濃度センサの感度等に応じて適宜変更されるべきものである。また、各パッチ画像の目標濃度も上記の数値に限定されるものではなく、適宜変更してよい。

上記実施形態では、中間転写ベルト71を本発明の「像担持体」とする画像形成装置に本発明を適用しているが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではなく、例えば像担持体として転写ドラムを用いた画像形成装置、感光体上に形成されるパッチ画像の画像濃度を測定するように構成した画像形成装置などにも

適用可能であり、感光体や転写媒体などの像担持体上に形成されたトナー像の画像濃度を求める画像形成装置および方法全般に本発明を適用することができる。

上記実施形態では、4色のトナーを用いたカラー画像を形成することができる画像形成装置であったが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではなく、モノクロ画像のみを形成する画像形成装置にも当然に適用することができる。また、上記実施形態にかかる画像形成装置は、ホストコンピュータなどの外部装置より与えられた画像を複写紙、転写紙、用紙およびOHP用透明シートなどのシートSに形成するプリンタであるが、本発明は複写機やファクシミリ装置などの電子写真方式の画像形成装置全般に適用することができる。

産業上の利用可能性

以上のように、この発明は、プリンタ、複写機およびファクシミリ装置などの電子写真方式の画像形成装置に対して適用可能であり、画像濃度に影響を与える濃度制御因子を調節することで画像濃度を安定化させ、画像品質の向上を図ることができる。

請求の範囲

1. 潜像担持体上に形成された静電潜像にトナーを付与することで該静電潜像をトナーにより顕像化してトナー像を形成する像形成手段と、

パッチ画像として形成されたトナー像のトナー濃度を検出する濃度検出手段とを備え、

画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することにより画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像を形成するとともに、前記濃度検出手段による各パッチ画像のトナー濃度の検出結果と、前記濃度制御因子に対する前記検出結果の変化率とに基づき前記濃度制御因子を最適化することを特徴とする画像形成装置。

2. 前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値と、前記変化率が所定の有効変化率とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値とのうち、装置の状況に応じたいずれか一方を前記濃度制御因子の最適値とする請求の範囲第1項に記載の画像形成装置。

3. 前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値と、前記変化率が所定の有効変化率とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値とのうち、画像濃度がより低くなる方の値を前記濃度制御因子の最適値とする請求の範囲第2項に記載の画像形成装置。

4. 前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致する画像形成条件と、前記変化率が所定の有効変化率以下となる画像形成条件とのうち、最も画像濃度が低くなる画像形成条件をなす前記濃度制御因子の値を前記濃度制御因子の最適値とする請求の範囲第1項に記載の画像形成装置。

5. 潜像担持体上に形成された静電潜像にトナーを付与することで該静電潜像をトナーにより顕像化してトナー像を形成する像形成手段と、

パッチ画像として形成されたトナー像のトナー濃度を検出する濃度検出手段とを備え、

互いに異なる高濃度および低濃度のそれぞれについて、画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することにより画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像を形成するとともに前記濃度検出手段による各パッチ画像のトナー濃度の検出結果に基づき前記濃度制御因子を最適化する画像形成装置において、

低濃度側について、前記パッチ画像として形成された低濃度トナー像のトナー濃度の検出結果に基づき前記濃度制御因子を最適化するときには、前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値を前記濃度制御因子の最適値とする一方、

高濃度側について、前記パッチ画像として形成された高濃度トナー像のトナー濃度の検出結果に基づき前記濃度制御因子を最適化するときには、前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致する画像形成条件と、前記濃度制御因子に対する前記検出結果の変化率が所定の有効変化率以下となる画像形成条件とのうち、最も画像濃度が低くなる画像形成条件をなす前記濃度制御因子の値を前記濃度制御因子の最適値とすることを特徴とする画像形成装置。

6. 潜像担持体上に形成された静電潜像にトナーを付与することで該静電潜像をトナーにより顕像化してトナー像を形成する像形成手段と、

パッチ画像として形成されたトナー像のトナー濃度を検出する濃度検出手段とを備え、

画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することにより画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像を形成するとともに、前記濃度検出手段により検出された各パッチ画像のトナー濃度の前記濃度制御因子に対する変化率に基づき前記濃度制御因子を最適化することを特徴とする画像形成装置。

7. 前記濃度制御因子に対するパッチ画像の画像濃度の変化率が、前記濃度制御因子に対して単調減少となっている請求の範囲第6項に記載の画像形成装置において、

前記変化率が所定の有効変化率にほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値を前記濃度制御因子の最適値とする画像形成装置。

8. 前記多段階の画像形成条件のうち、前記濃度制御因子が互いに1段階だけ異なる2つの画像形成条件で形成された2つのパッチ画像において検出されたトナー濃度の差に基づき前記変化率を求める請求の範囲第1ないし第7項のいずれかに記載の画像形成装置。

9. 前記濃度検出手段は、前記潜像担持体表面に形成された前記パッチ画像のトナー濃度を検出するように構成された請求の範囲第1ないし第7項のいずれかに記載の画像形成装置。

10. 前記潜像担持体上において顕像化されたトナー像を一時的に担持可能に構成された中間体をさらに備え、前記濃度検出手段は、前記中間体表面に担持された前記パッチ画像のトナー濃度を検出するように構成された請求の範囲第1ないし第7項のいずれかに記載の画像形成装置。

11. 前記像形成手段は、その表面にトナーを担持するトナー担持体に所定の現像バイアスを印加することで前記トナー像を形成するように構成されており、しかも、該現像バイアスが前記濃度制御因子に含まれている請求の範囲第1ないし第7項のいずれかに記載の画像形成装置。

12. 潜像担持体の表面に形成した静電潜像にトナーを付与することで該静電潜像をトナーにより顕像化してトナー像を形成する画像形成方法において、

画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することで画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像を形成し、濃度検出

手段により各パッチ画像のトナー濃度を検出するとともに前記濃度制御因子に対する前記トナー濃度の変化率を求め、

各パッチ画像の前記トナー濃度と、前記変化率とに基づき前記濃度制御因子を最適化することを特徴とする画像形成方法。

13. 前記パッチ画像のトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値と、前記変化率が所定の有効変化率とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値とのうち、画像濃度がより低くなる方の値を前記濃度制御因子の最適値とする請求の範囲第12項に記載の画像形成方法。

14. 潜像担持体の表面に形成した静電潜像にトナーを付与することで該静電潜像をトナーにより顕像化してトナー像を形成する画像形成方法において、

互いに異なる低濃度および高濃度について第1および第2の最適化処理をそれぞれ実行し、

前記第1の最適化処理では、画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することで画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像としての低濃度トナー像を形成し、濃度検出手段により各パッチ画像のトナー濃度を検出してそのトナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値を前記濃度制御因子の最適値とする一方、

前記第2の最適化処理では、画像濃度に影響を与える濃度制御因子を多段階に変更設定することで画像形成条件を多段階に変化させながら各画像形成条件でパッチ画像としての高濃度トナー像を形成し、濃度検出手段により各パッチ画像のトナー濃度を検出するとともに前記濃度制御因子に対する前記トナー濃度の変化率を求め、前記トナー濃度が所定の濃度目標値とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値と、前記変化率が所定の有効変化率とほぼ一致するときの前記濃度制御因子の値とのうち、画像濃度がより低くなる方の値を前記濃度制御因子の最適値とすることを特徴とする画像形成方法。

15. 前記第2の最適化処理では、トナー担持体に印加する現像バイアスを濃

度制御因子として最適化する請求の範囲第 14 項に記載の画像形成方法。

16. 像担持体に向けて光を照射するとともに、前記像担持体からの反射光を受光し、その受光量に応じた信号を出力する濃度センサと、

前記像担持体にトナー像を形成する前に該像担持体に関する情報を補正情報として予め記憶するとともに、前記像担持体上に形成されたトナー像の画像濃度を求める際には、前記濃度センサからの出力を前記補正情報によって補正し、その補正值に基づき前記トナー像の画像濃度を求める制御手段とを備え、

前記制御手段は前記像担持体上のトナー像の濃淡に応じて前記補正情報を補正することを特徴とする画像形成装置。

17. 前記制御手段は、前記像担持体にトナー像を形成する前に前記濃度センサから出力される信号に基づき前記補正情報を求めて記憶部に記憶しておく請求の範囲第 16 項に記載の画像形成装置。

18. 前記制御手段は、前記像担持体にトナー像を形成する前に前記濃度センサから出力される信号を構成するサンプリングデータのうち上位レベルおよび／または下位レベルをキャンセルするとともに、該キャンセルデータを残りのサンプリングデータの平均値に置き換えて前記補正情報を求める請求の範囲第 17 項に記載の画像形成装置。

19. 前記制御手段は、トナー像が濃くなるにしたがって前記補正情報に基づく補正量を小さくする請求の範囲第 16 ないし第 18 項のいずれかに記載の画像形成装置。

20. 像担持体にトナー像を形成する前に該像担持体に関する情報を補正情報として求めておき、前記像担持体上に形成されたトナー像の画像濃度を求める際には、濃度センサからの出力を前記補正情報によって補正し、その補正值に基づき前記トナー像の画像濃度を求める画像形成方法であって、

前記トナー像の濃淡に応じて前記補正情報を補正することを特徴とする画像形成方法。

21. 像担持体にトナー像を形成する前に該像担持体上の複数の表面領域 x ($x = x_1, x_2, \dots$) のそれぞれについて、該表面領域に光を照射するとともに該表面領域からの光を受光してその受光量に関連する値を検出することによって検出値 $T(x)$ を得る補正情報検出工程と、

前記像担持体の表面領域 x_1 に形成されたトナー像に光を照射するとともに該トナー像からの光を受光してその受光量に関連する値 $D(x_1)$ を検出する出力検出工程と、

次式に基づき検出値 $D(x_1)$ を補正して補正值 $C(x_1)$ を得る補正值算出工程と、

$$C(x_1) = D(x_1) \times \{T_{ave} / T(x_1)\}$$

ただし、 T_{ave} は検出値 $T(x)$ の平均値である、

前記補正值 $C(x_1)$ に基づき前記トナー像の画像濃度を求める濃度導出工程とを備えたことを特徴とする画像形成方法。

22. 像担持体に向けて光を照射する発光素子と前記像担持体からの反射光を受光する受光素子とを有する濃度センサによって前記像担持体上に形成されるトナー像の画像濃度を検出する画像形成方法において、

前記受光素子での受光量に関連する基準値 D_0 を求める基準値検出工程と、

前記像担持体にトナー像を形成する前に該像担持体上の複数の表面領域 x ($x = x_1, x_2, \dots$) のそれぞれについて、該表面領域に光を照射するとともに該表面領域からの光を受光してその受光量に関連する値を検出することによって検出値 $T(x)$ を得る補正情報検出工程と、

前記像担持体の表面領域 x_1 に形成されたトナー像に光を照射するとともに該トナー像からの光を受光してその受光量に関連する値 $D(x_1)$ を検出する出力検出工程と、

次式に基づき検出値 $D(x_1)$ を補正して補正值 $C(x_1)$ を得る補正值算出工程と、

$$C(x_1) = \{D(x_1) - D_0\} \times \{(T_{ave} - D_0) / (T(x_1) - D_0)\}$$

ただし、 T_{ave} は検出値 $T(x)$ の平均値である、
前記補正值 $C(x1)$ に基づき前記トナー像の画像濃度を求める濃度導出工程と
を備えたことを特徴とする画像形成方法。

23. 前記補正情報検出工程は、

前記像担持体にトナー像を形成する前に該像担持体上の複数の表面領域 x ($x = x1, x2, \dots$) のそれぞれについて、該表面領域に光を照射するとともに該表面領域からの光を受光し、その受光量に応じた信号を出力するサブ工程と、

前記信号を構成するサンプリングデータのうち上位レベルおよび／または下位レベルをキャンセルするとともに、該キャンセルデータを残りのサンプリングデータの平均値に置き換えて前記検出値 $T(x)$ を得るサブ工程と
を備える請求の範囲第21または第22項に記載の画像形成方法。

24. 帯電した潜像担持体の表面に光ビームを露光して静電潜像を形成する露光手段と、

前記潜像担持体に対して離間配置され、その表面にトナーを担持するトナー担持体と、

前記トナー担持体に現像バイアスを印加して、前記トナー担持体に担持されたトナーを前記潜像担持体表面に移動させて前記静電潜像をトナーにより顕像化するバイアス印加手段と
を備え、

前記現像バイアスを多段階に変更設定して各バイアス値で高濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて現像バイアスを最適化するとともに、

前記最適化された現像バイアスを前記トナー担持体に印加しながら、前記光ビームのエネルギー密度を多段階に変更設定して各エネルギー値で低濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて前記光ビームのエネルギー密度を最適化する

ことを特徴とする画像形成装置。

25. 前記トナー担持体には、トナー粒子からなるトナー層が少なくとも1層を超えて担持されている請求の範囲第24項に記載の画像形成装置。

26. 前記トナー担持体には、 $10^4 \Omega \text{ cm}$ 以上の比抵抗を有する表面層が形成されている請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

27. 前記トナーとして、その体積平均粒径が $8 \mu\text{m}$ 以上のトナーを用いる請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

28. 前記トナーとして、その安息角が25度以下であるトナーを用いる請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

29. 前記トナーとして、トナー母粒子および外添剤を含み、しかも、

前記トナー母粒子および前記外添剤それぞれの体積平均粒径を D および d 、真比重を ρ_1 および ρ_2 、質量を W および w 、円周率を π としたときの次式、

$$(D \cdot \rho_1 \cdot w) / (d \cdot \rho_2 \cdot W \cdot \pi)$$

で表される外添剤被覆率が1以上であるトナーを用いる請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

30. 前記トナーとして、トナー母粒子および酸化チタン外添剤を含むトナーを用いる請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

31. 前記現像バイアスは、直流成分に交流成分を重畳した波形を有する交番電圧であり、しかも、

前記高濃度用パッチ画像を形成するときには、前記現像バイアスの交流成分を一定に保持し、直流成分を変更設定するように構成されている請求の範囲第24または第25項に記載の画像形成装置。

32. 前記低濃度用パッチ画像は、互いに離隔配置された複数のドット、また

は互いに離隔配置された複数の 1 ドットラインのいずれかで構成されている請求の範囲第 2 4 または第 2 5 項に記載の画像形成装置。

3 3. 潜像担持体の表面に光ビームを露光してその表面に静電潜像を形成するとともに、トナーを担持するトナー担持体と前記潜像担持体とを相互に離間させた状態で前記トナー担持体に現像バイアスを印加して前記トナー担持体から前記潜像担持体にトナーを移動させて前記静電潜像を顕像化する画像形成方法において、

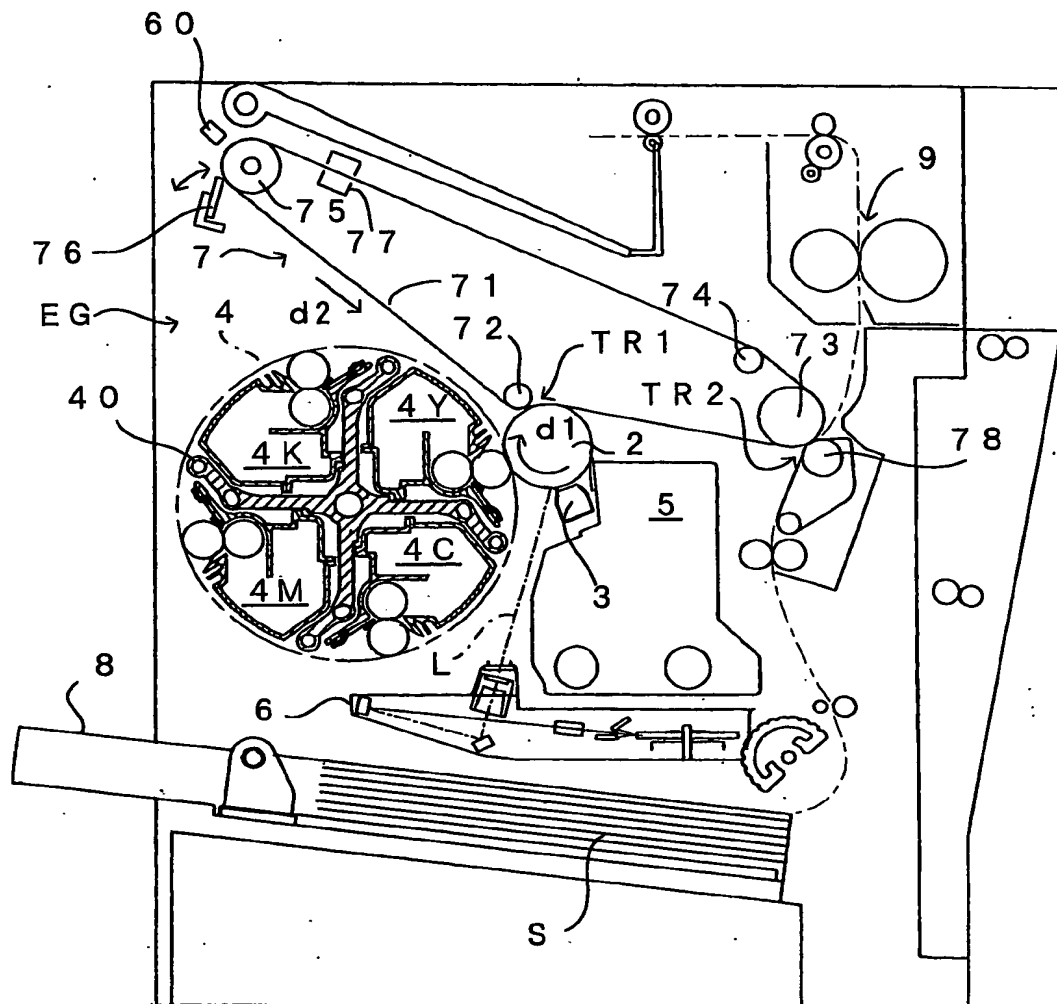
前記現像バイアスを多段階に変更設定して各バイアス値で高濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて現像バイアスを最適化するとともに、

前記最適化された現像バイアスを前記トナー担持体に印加しながら、前記光ビームのエネルギー密度を多段階に変更設定して各エネルギー値で低濃度用パッチ画像を形成し、その画像濃度に基づいて前記光ビームのエネルギー密度を最適化する

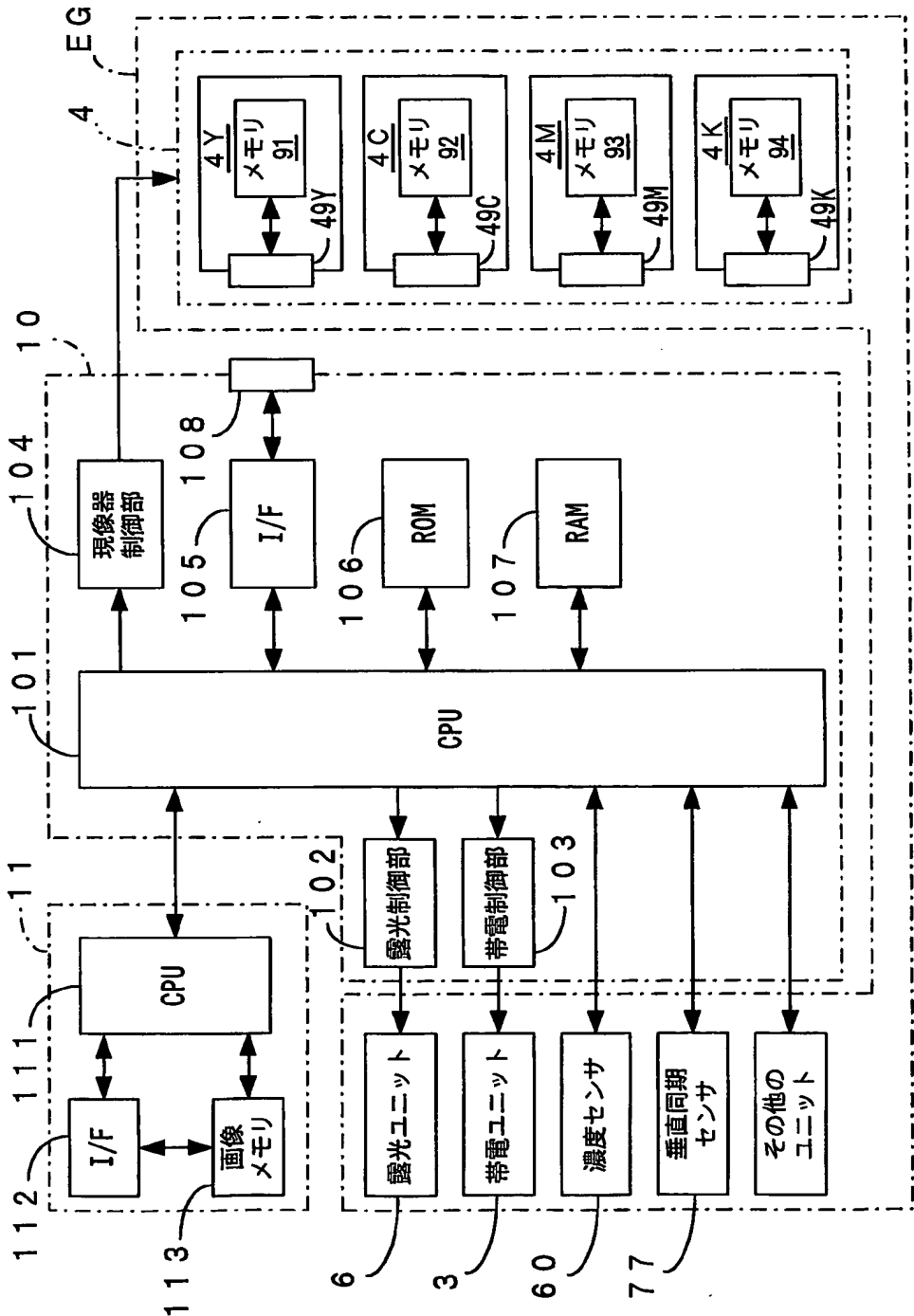
ことを特徴とする画像形成方法。

1 / 5 4

第1図



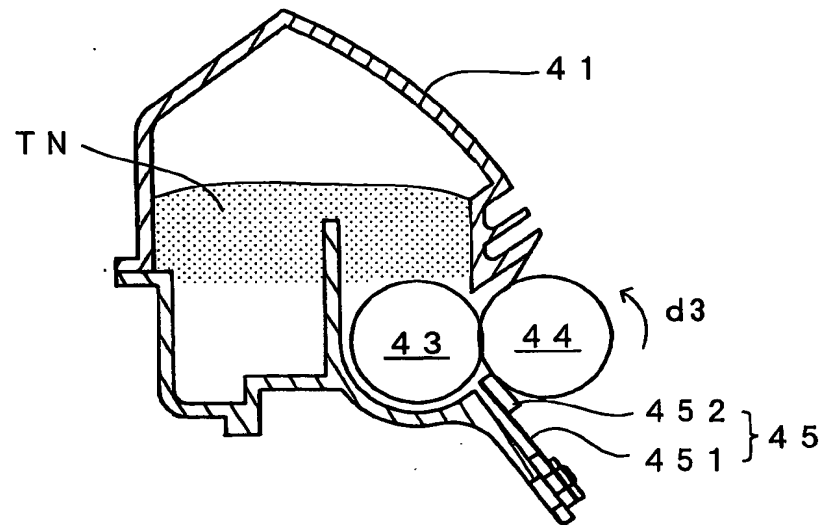
第2図



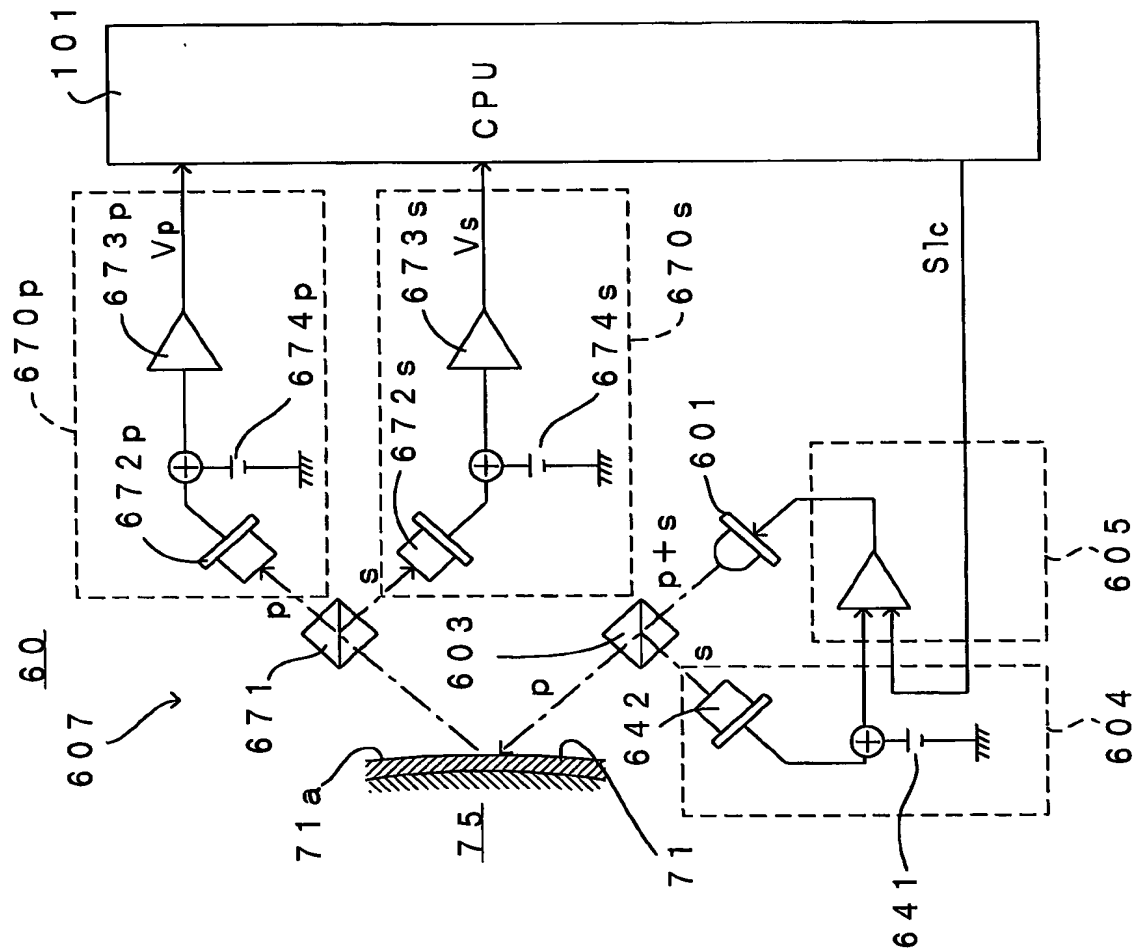
3 / 5 4

第 3 図

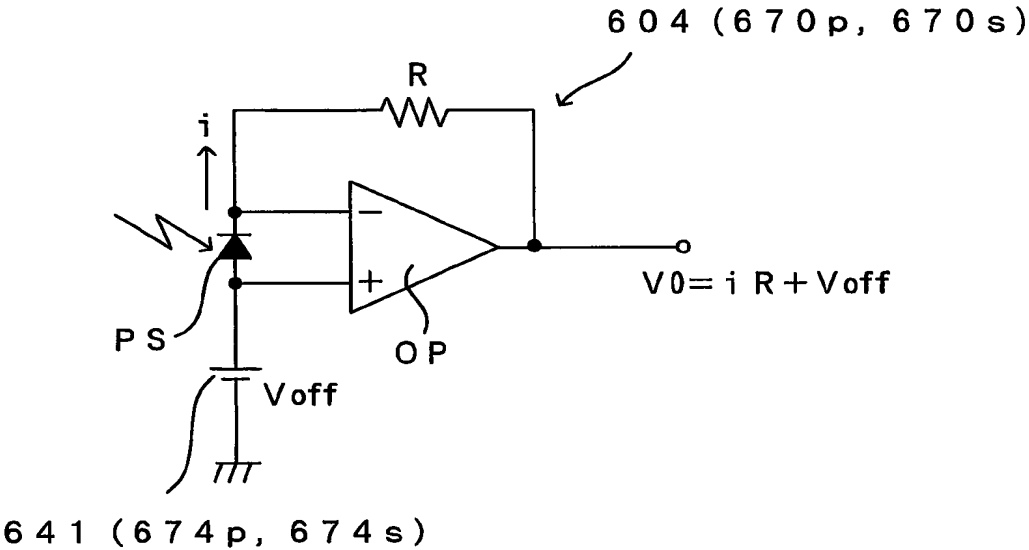
4 K (4 C、4 M、4 Y)



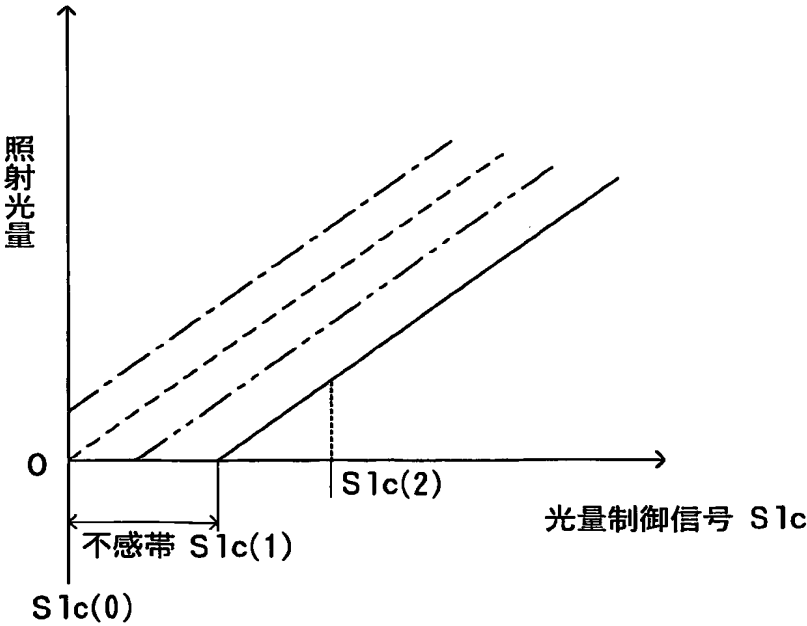
第 4 図



第 5 図

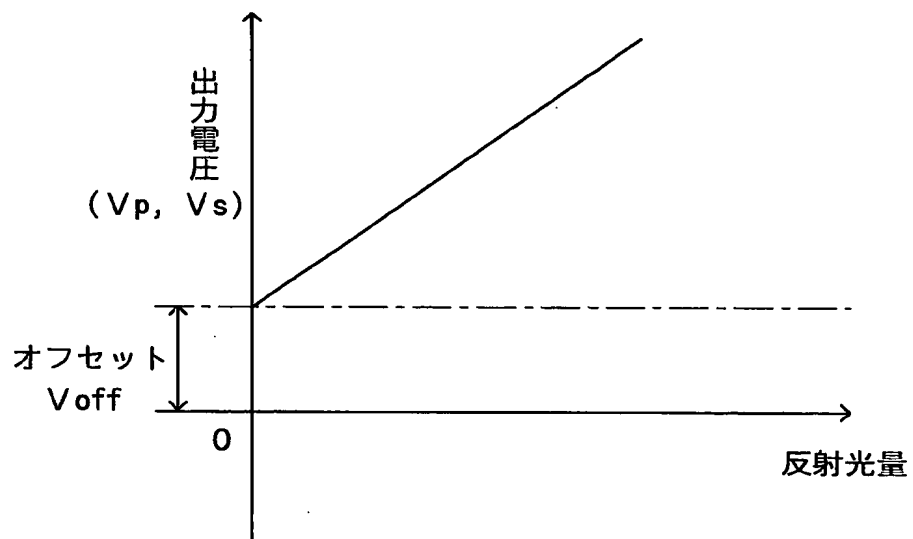


第 6 図



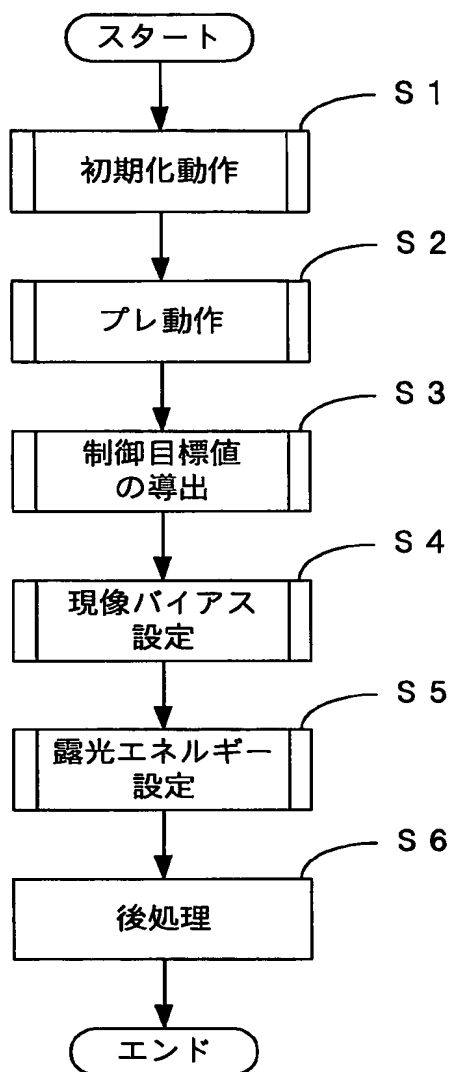
6 / 5 4

第7図



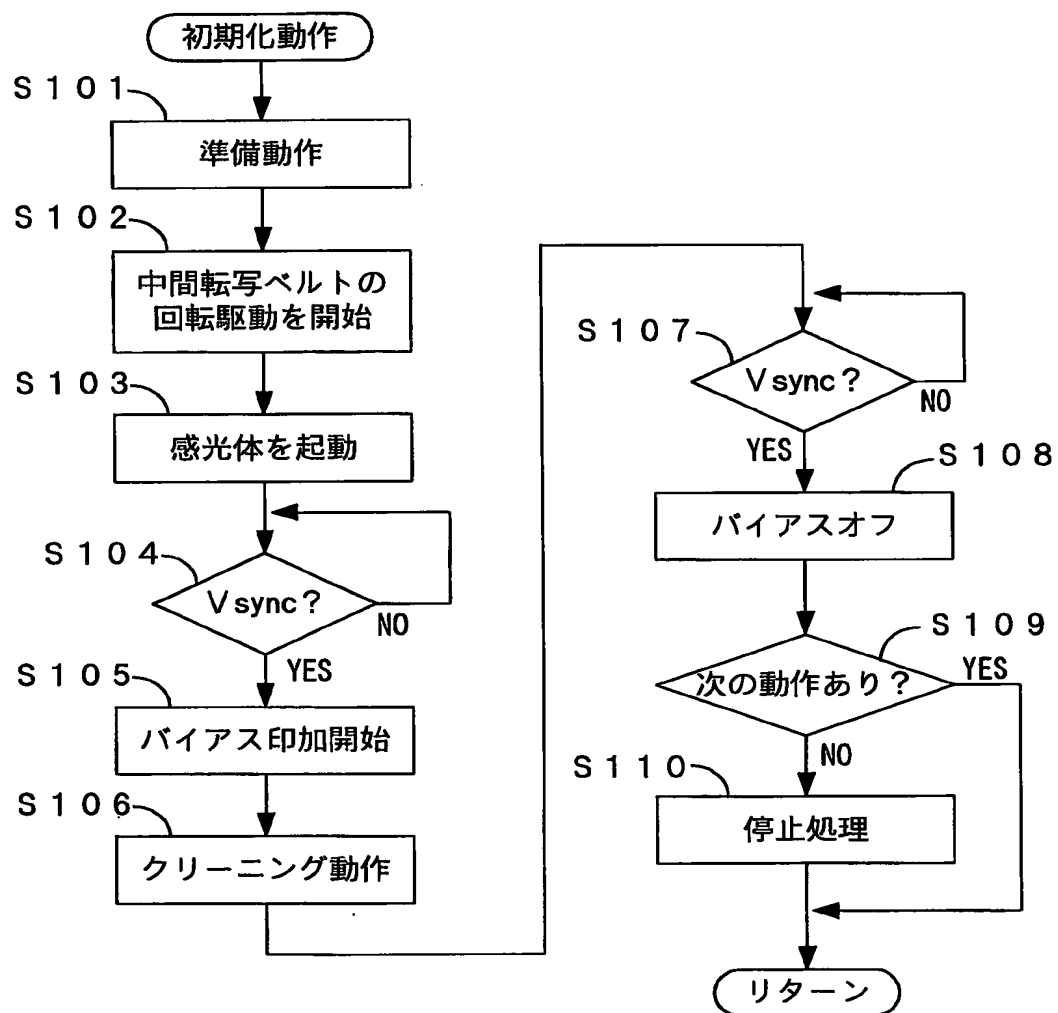
7 / 54

第8図



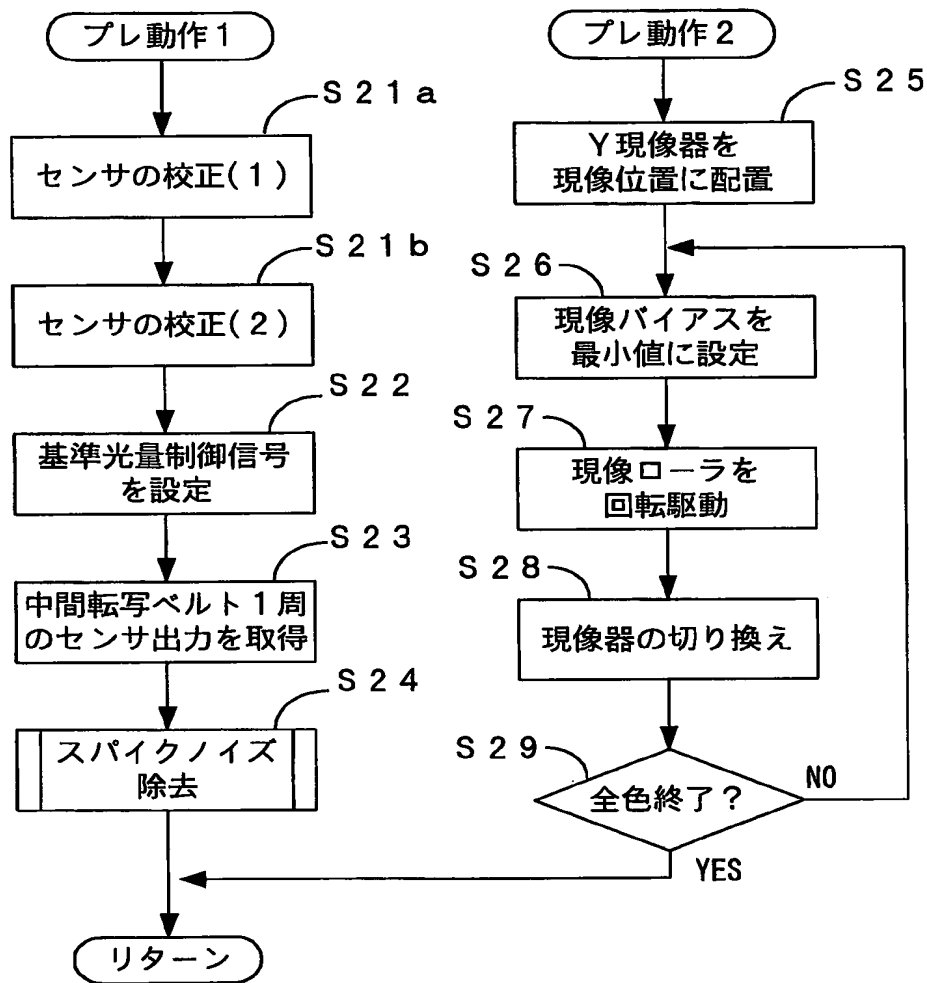
8 / 54

第9図



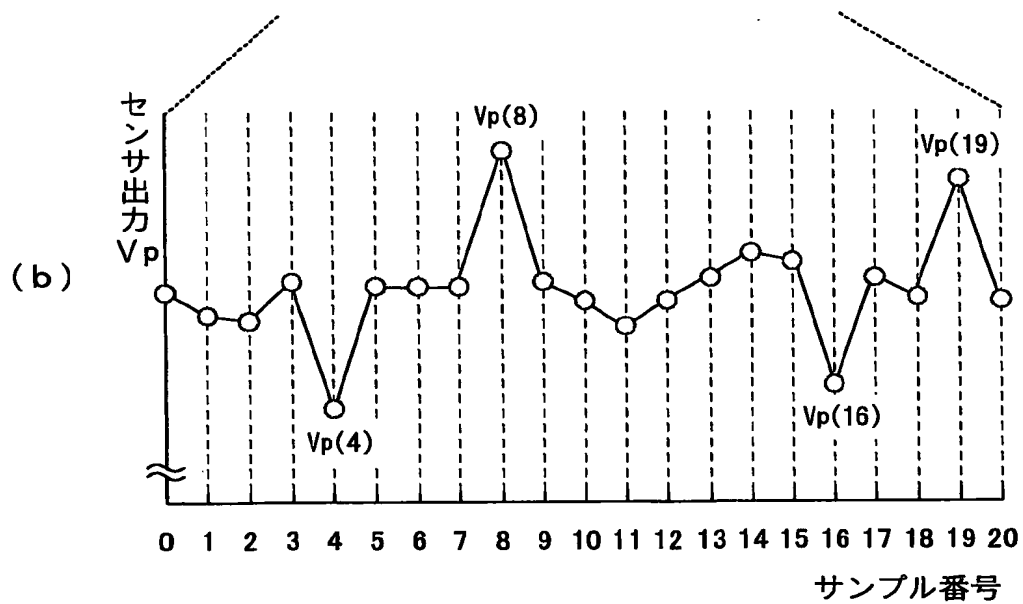
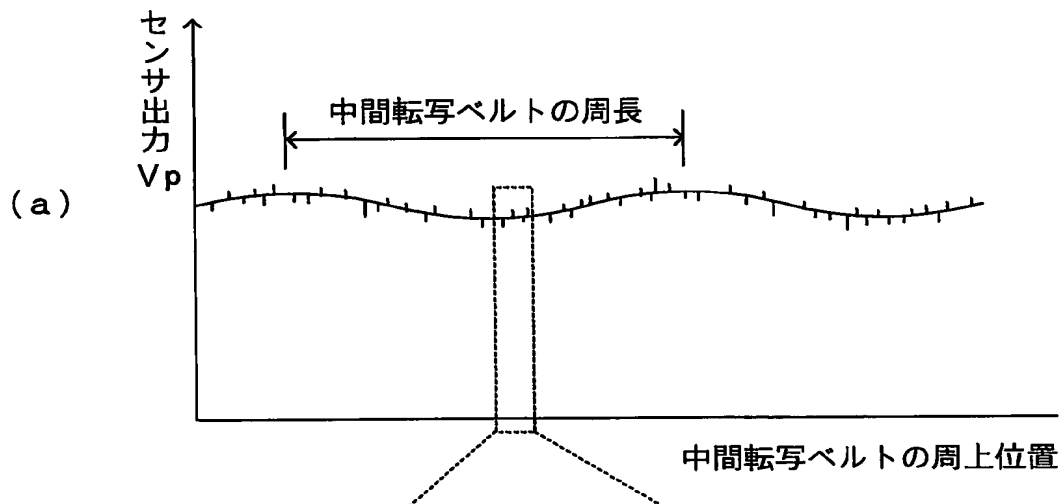
9/54

第10図



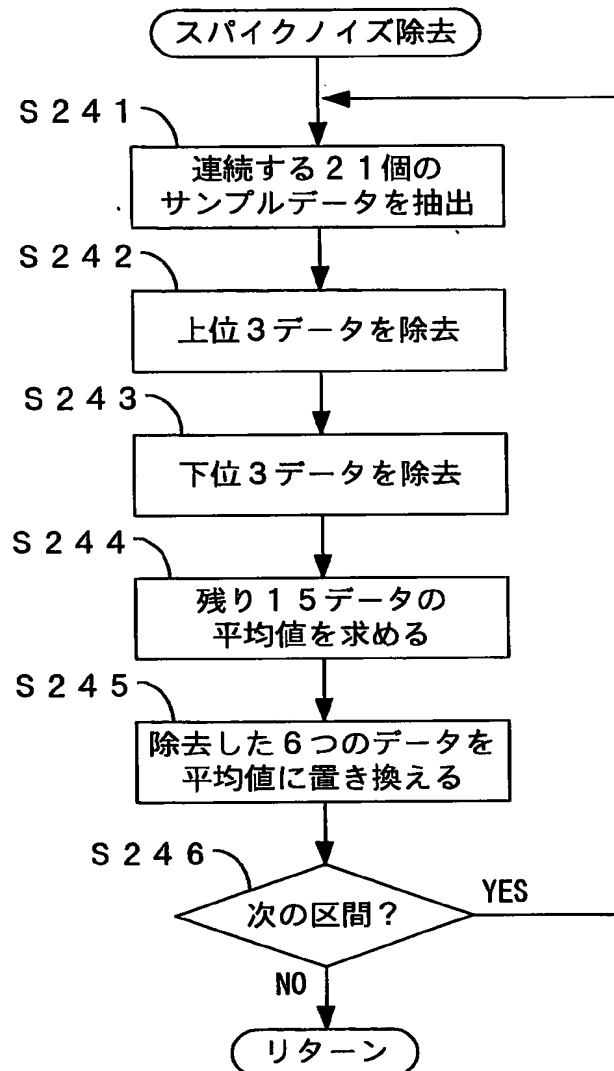
10/54

第11図



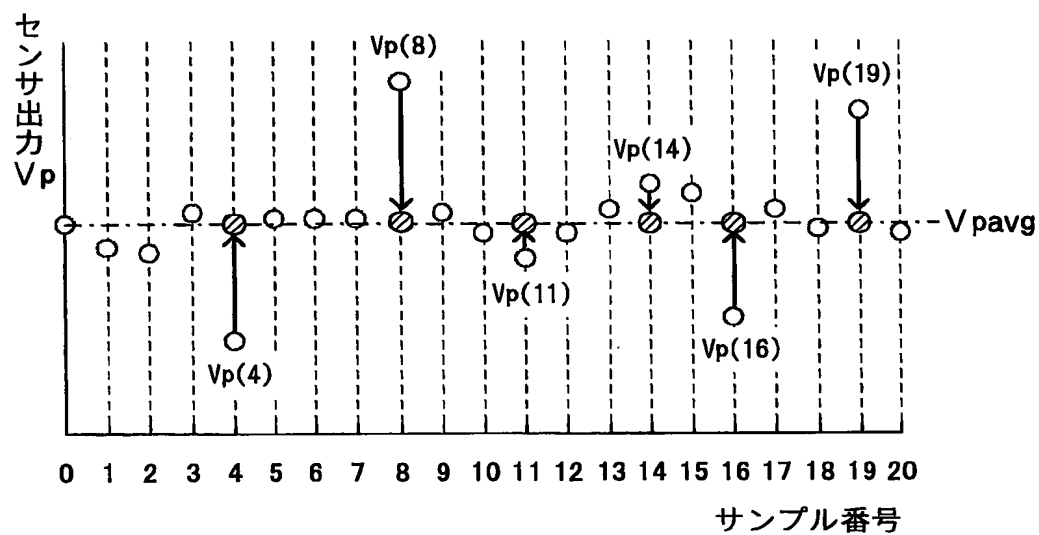
11 / 54

第12図



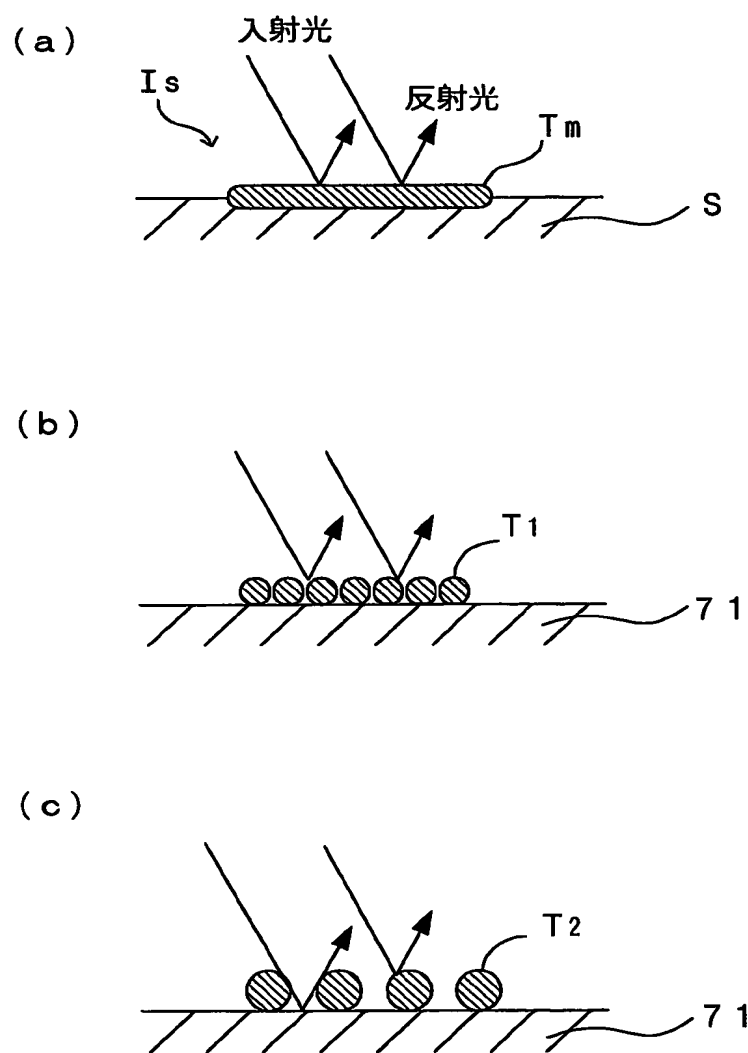
12/54

第13図



13/54

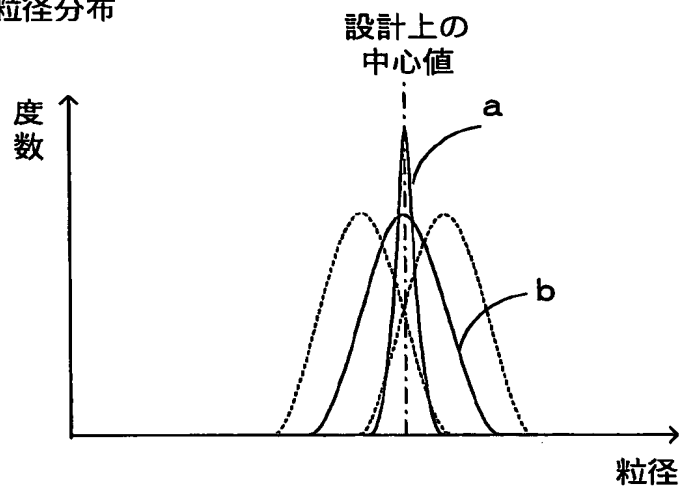
第14図



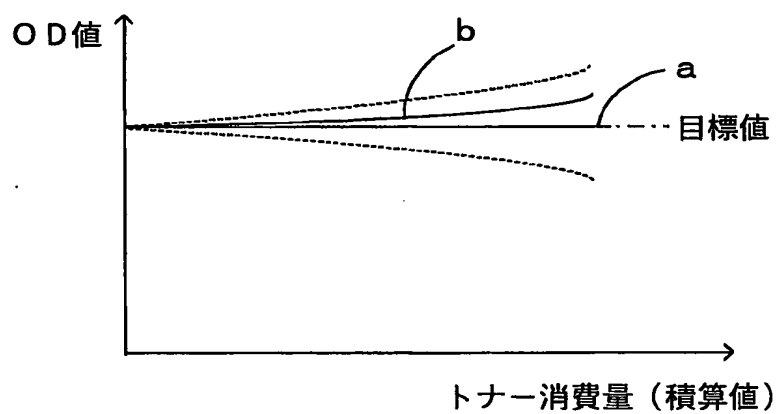
14/54

第15図

(a) 粒径分布

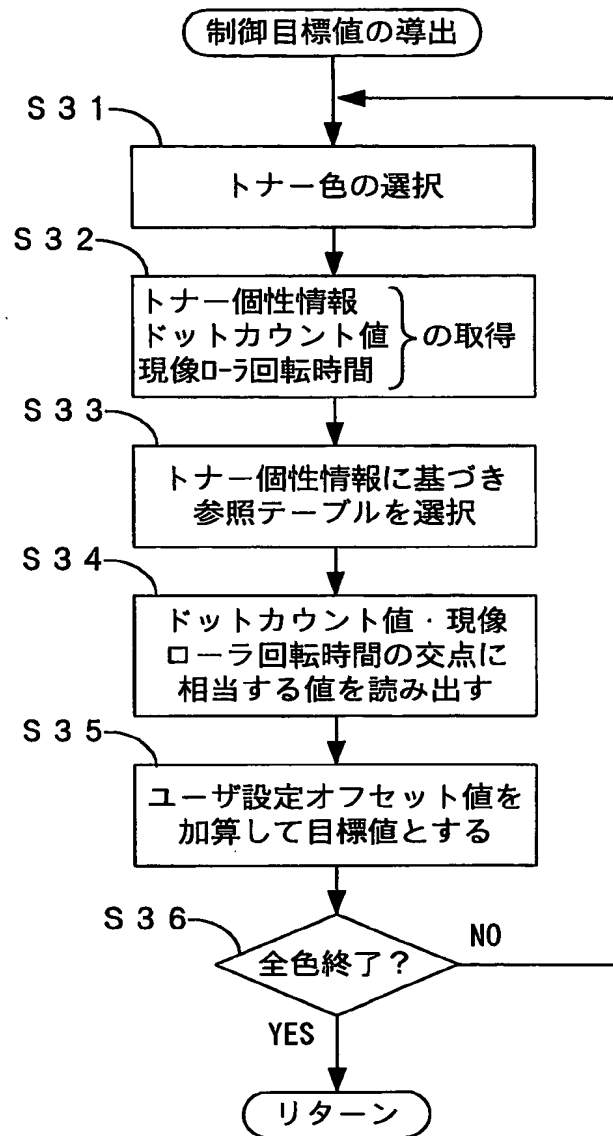


(b) OD値の変化



15 / 54

第16図



16 / 54

第17図

(a) 高濃度用パッチ画像

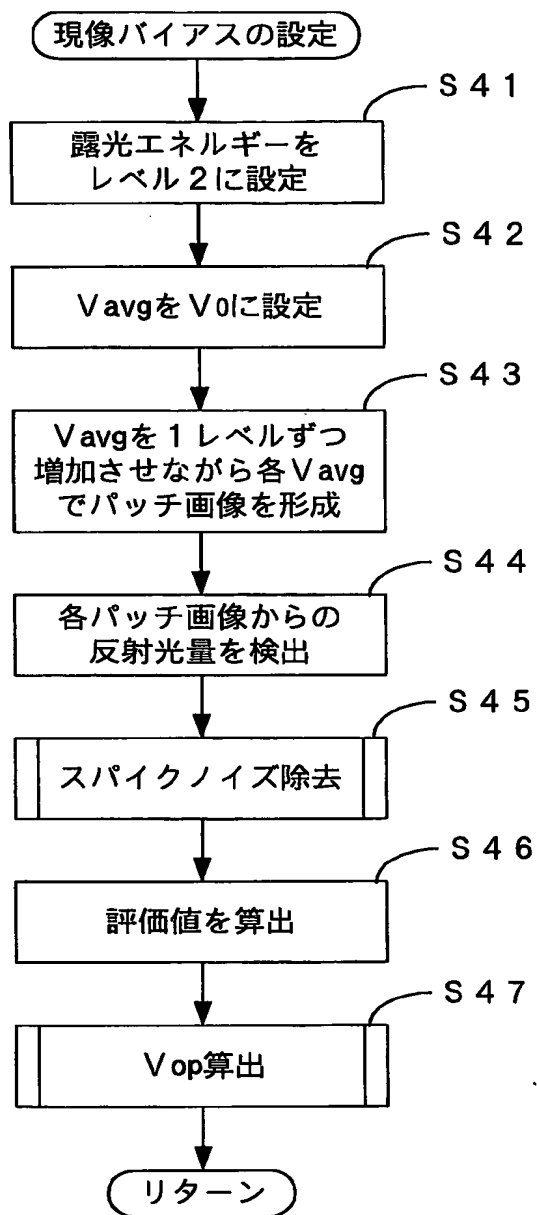
| トナー個性情報 ="0" | | 現像ローラ回転時間(sec) | | | |
|------------------|-----------|----------------|-------|-------|--------|
| | | ～1325 | ～3975 | ～6625 | ～10600 |
| ドット カウント 値 | ～1000000 | 0.990 | 0.988 | 0.984 | 0.982 |
| | ～2000000 | 0.988 | 0.984 | 0.982 | 0.982 |
| | ～6666666 | 0.984 | 0.982 | 0.982 | 0.982 |
| | ～12000000 | 0.982 | 0.982 | 0.982 | 0.982 |

(b) 低濃度用パッチ画像

| トナー個性情報 ="0" | | 現像ローラ回転時間(sec) | | | |
|------------------|-----------|----------------|-------|-------|--------|
| | | ～1325 | ～3975 | ～6625 | ～10600 |
| ドット カウント 値 | ～1000000 | 0.185 | 0.182 | 0.181 | 0.180 |
| | ～2000000 | 0.182 | 0.181 | 0.180 | 0.180 |
| | ～6666666 | 0.181 | 0.180 | 0.180 | 0.180 |
| | ～12000000 | 0.180 | 0.180 | 0.180 | 0.180 |

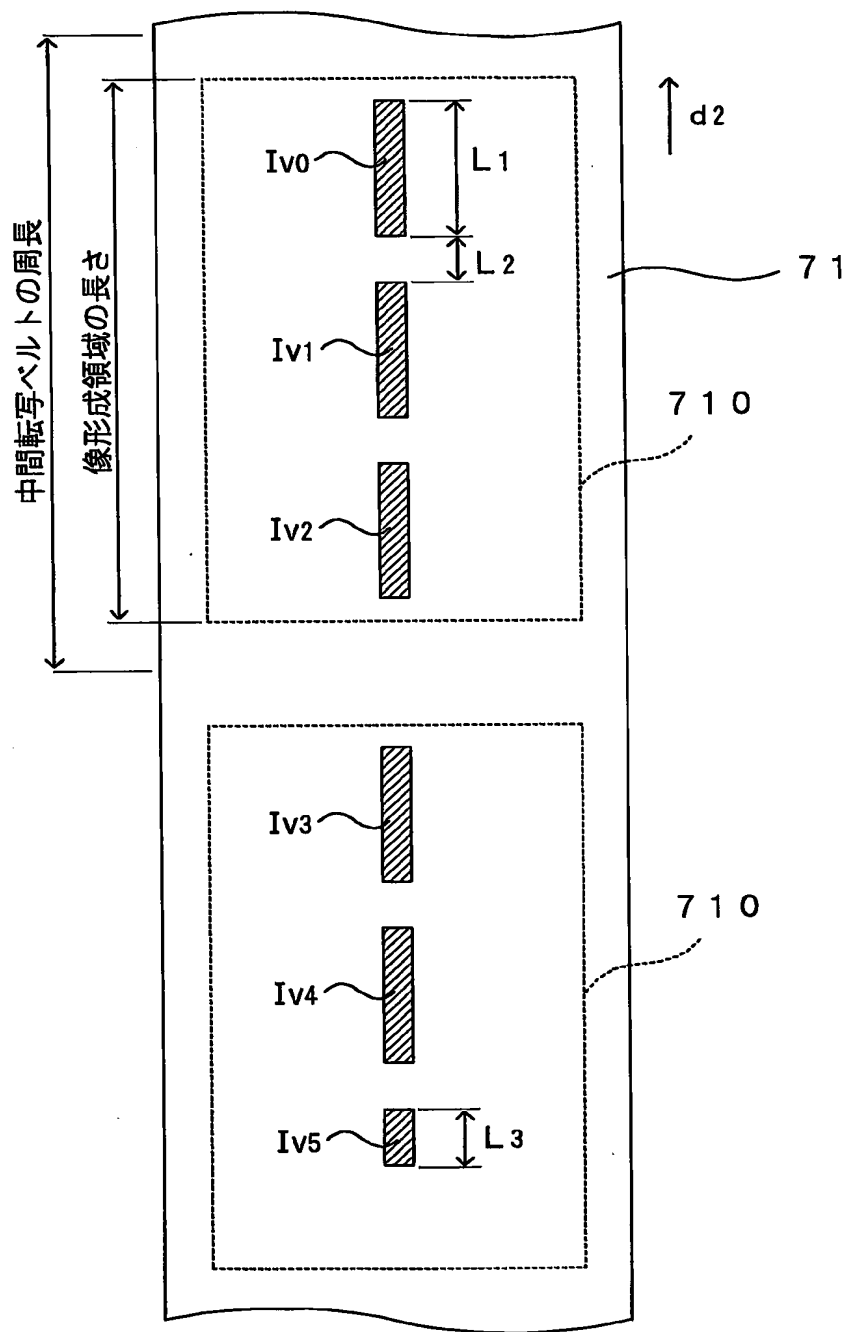
17/54

第18図

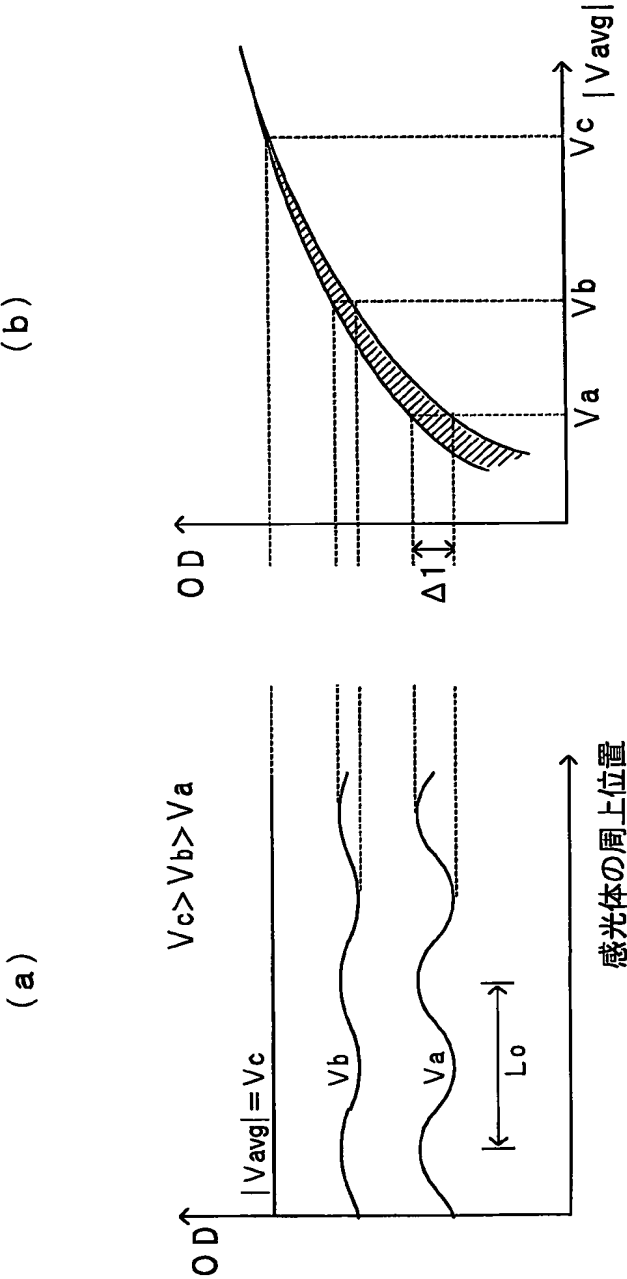


18/54

第19図

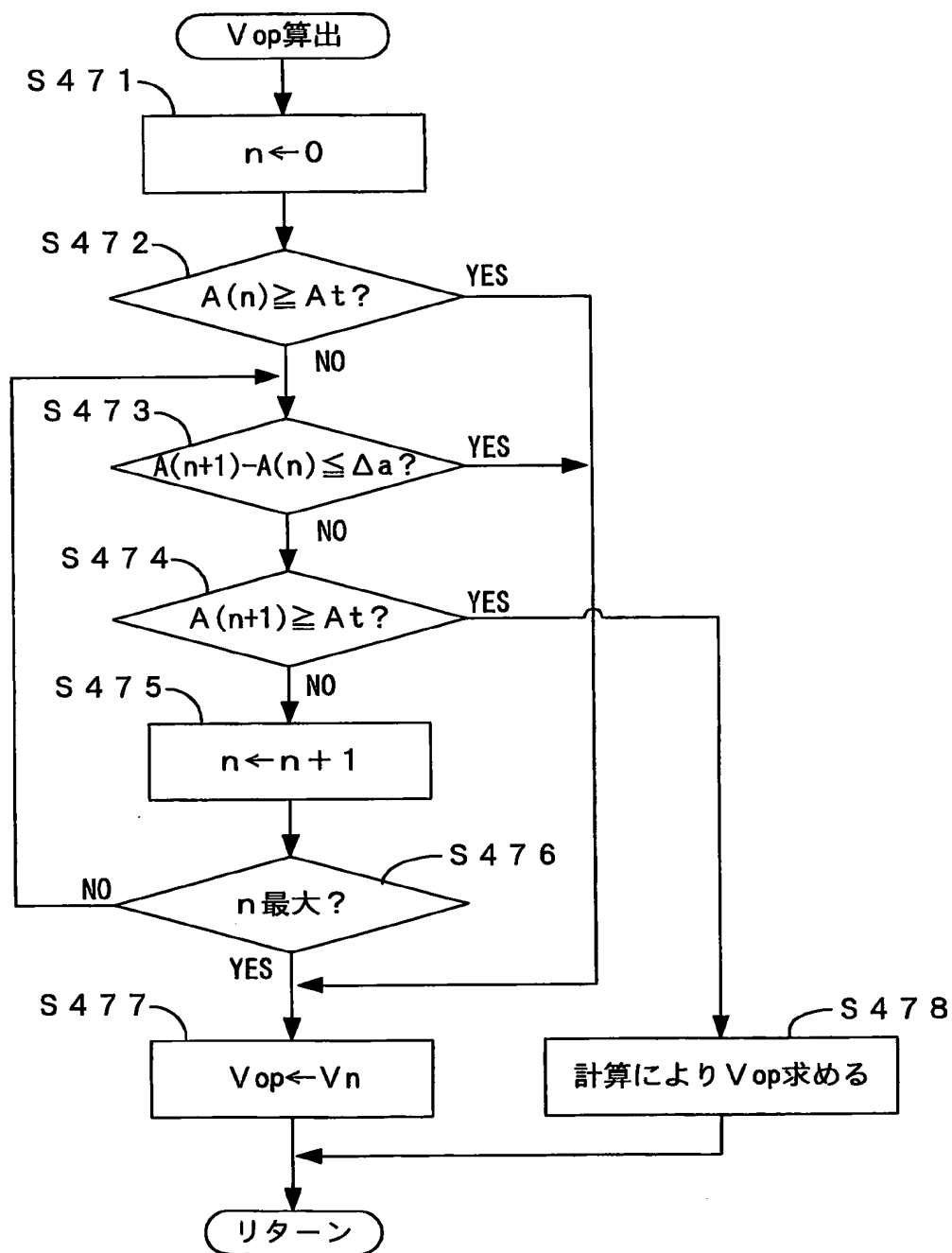


第 20 図



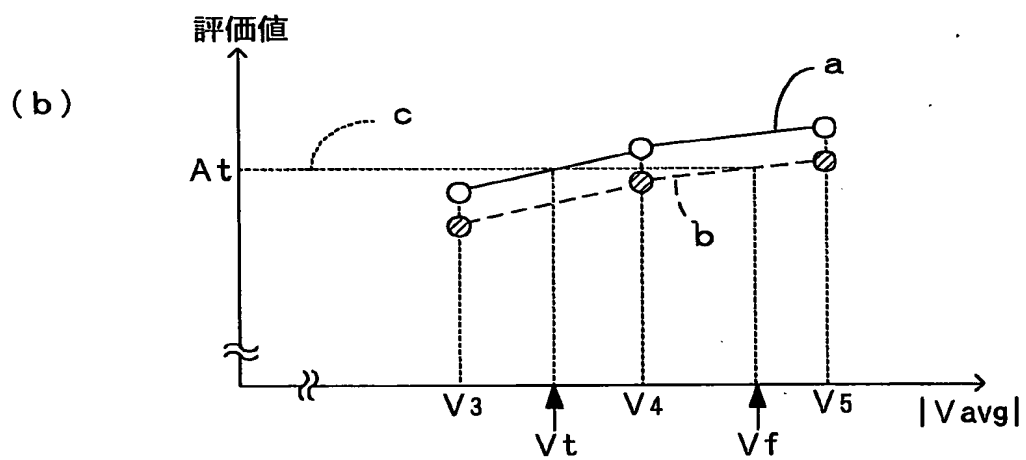
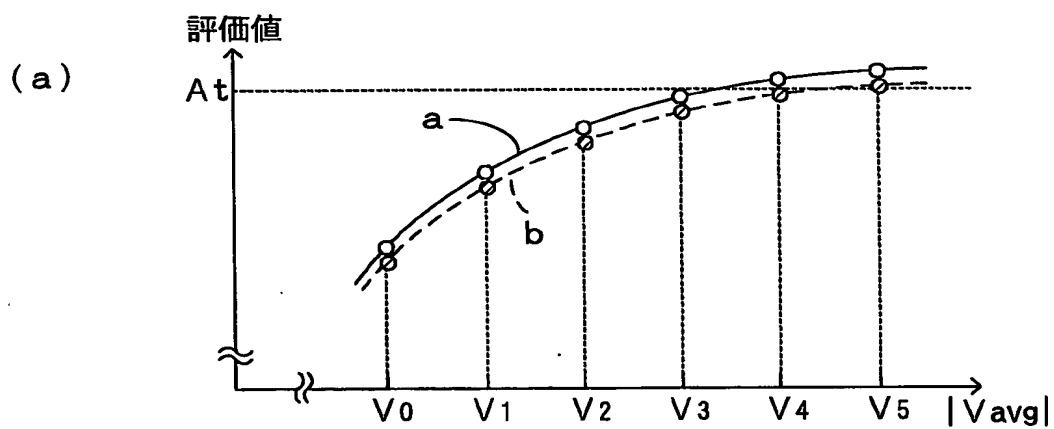
20/54

第21図



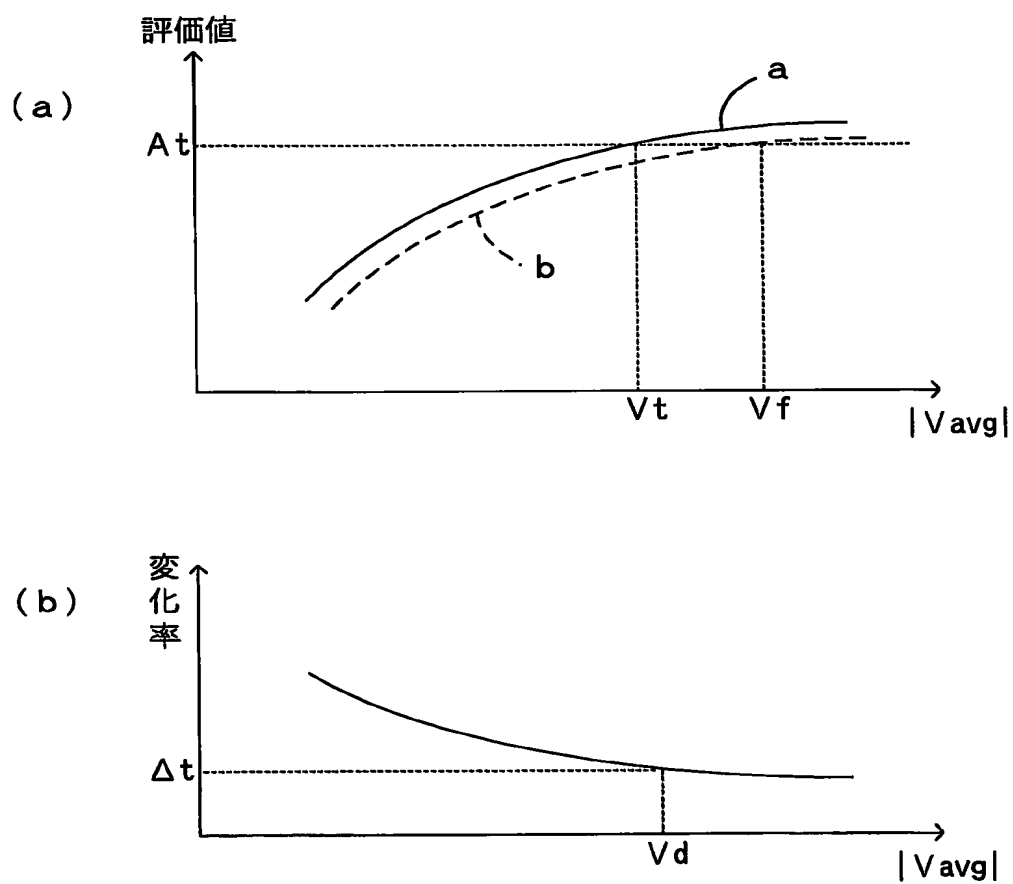
21/54

第22図



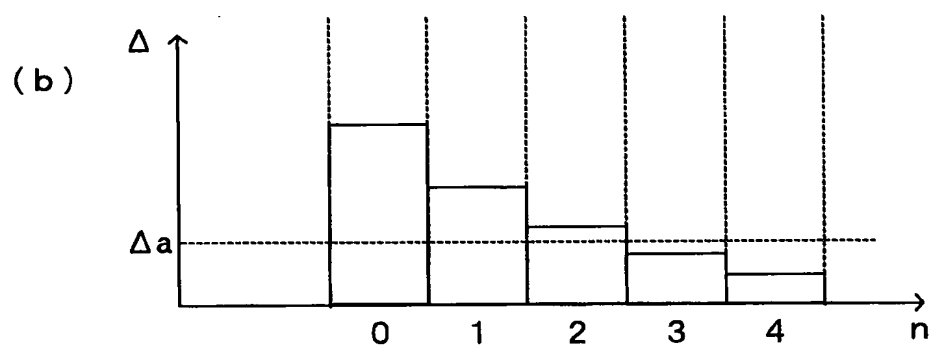
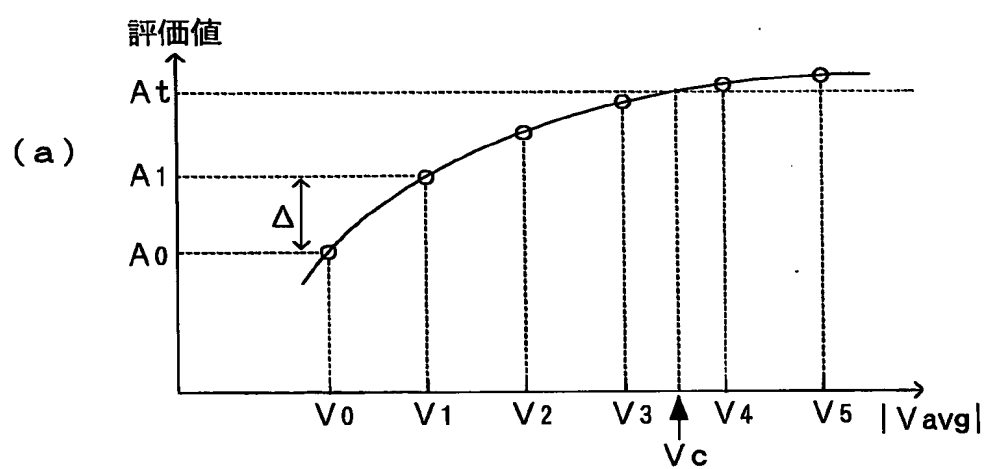
22/54

第23図



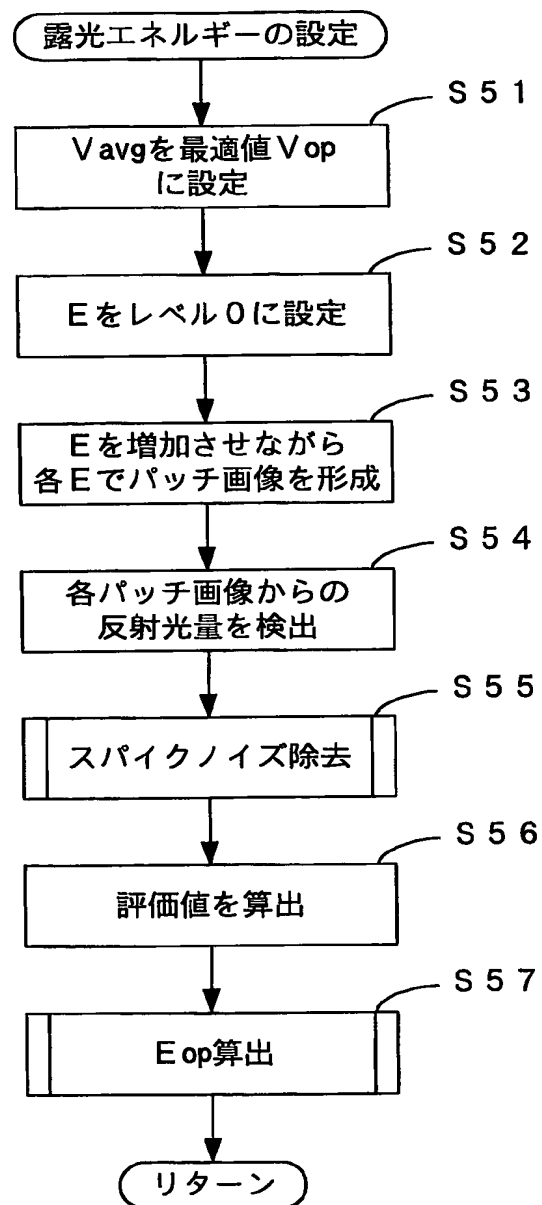
23/54

第24図



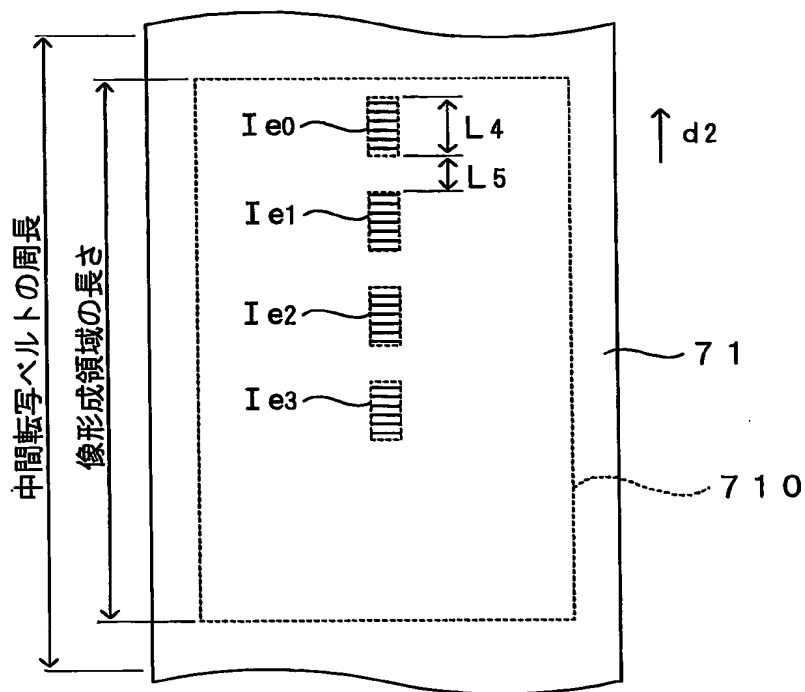
24/54

第25図



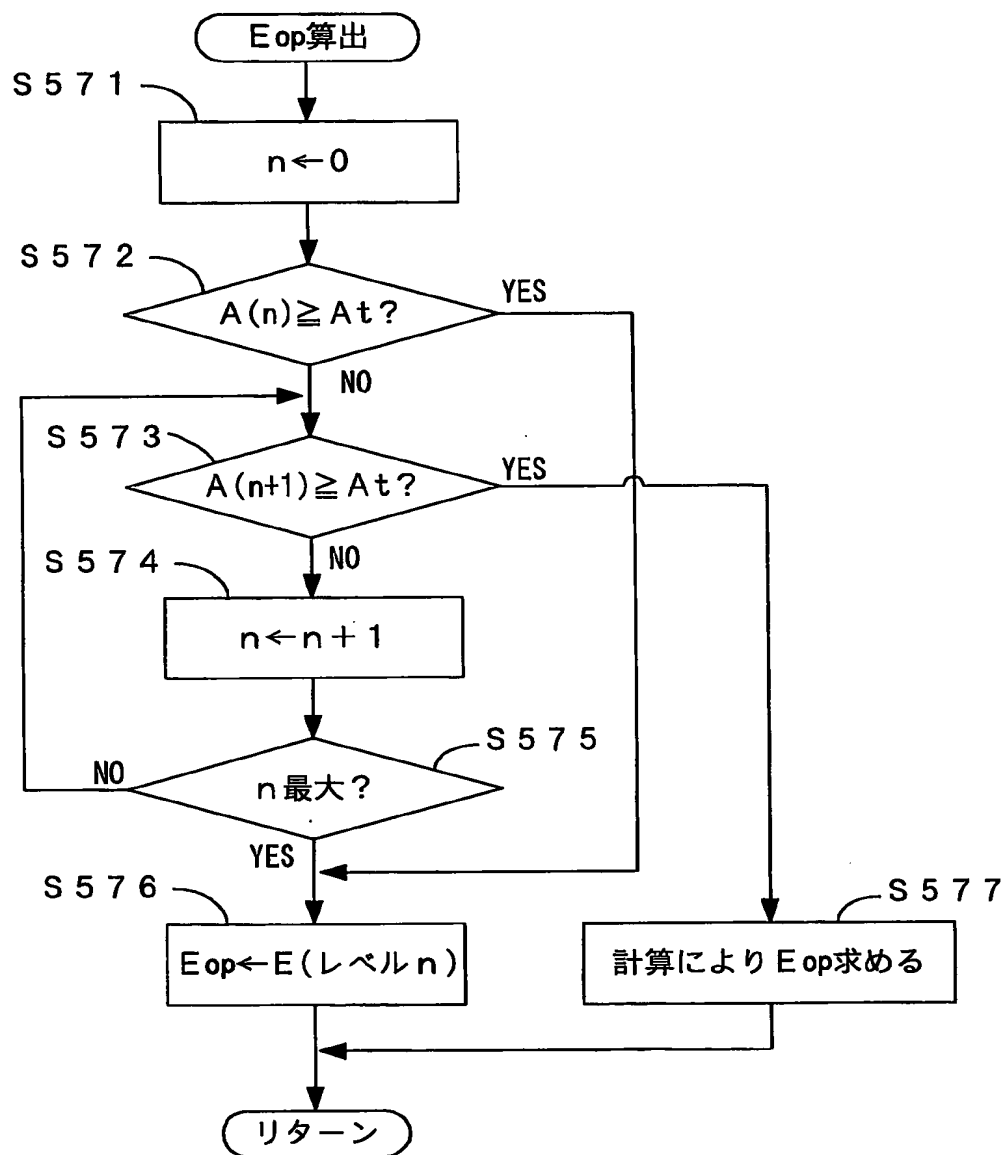
25/54

第26図

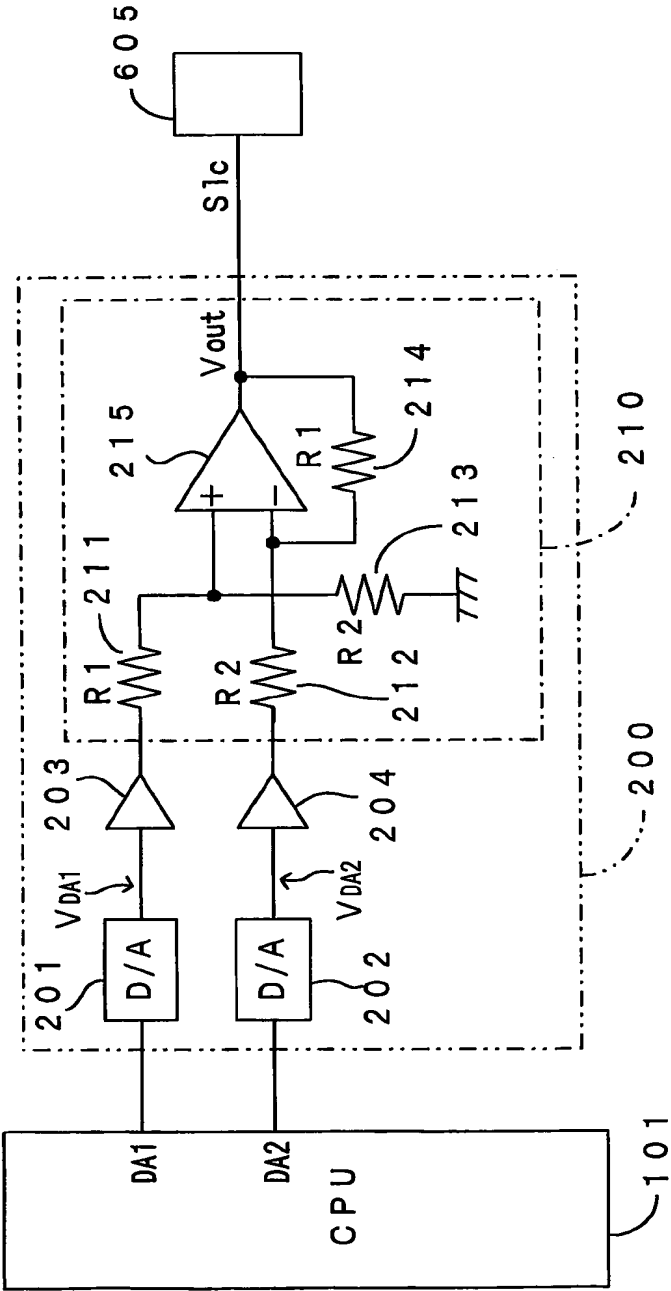


26/54

第27図

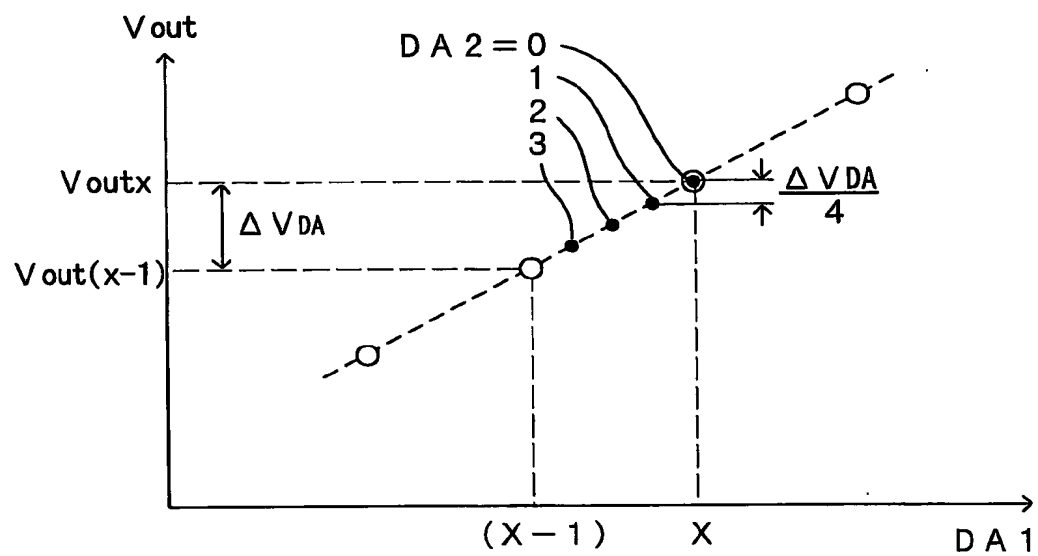


第28図



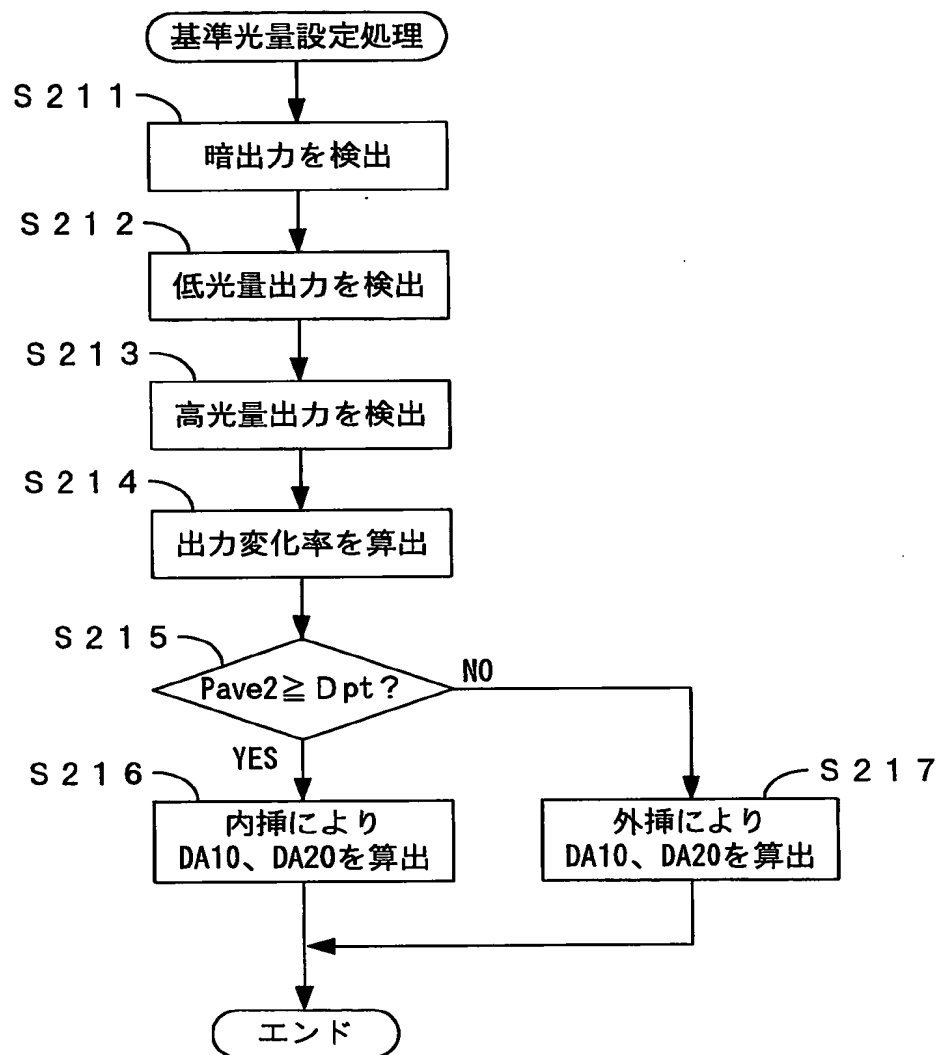
28/54

第29図



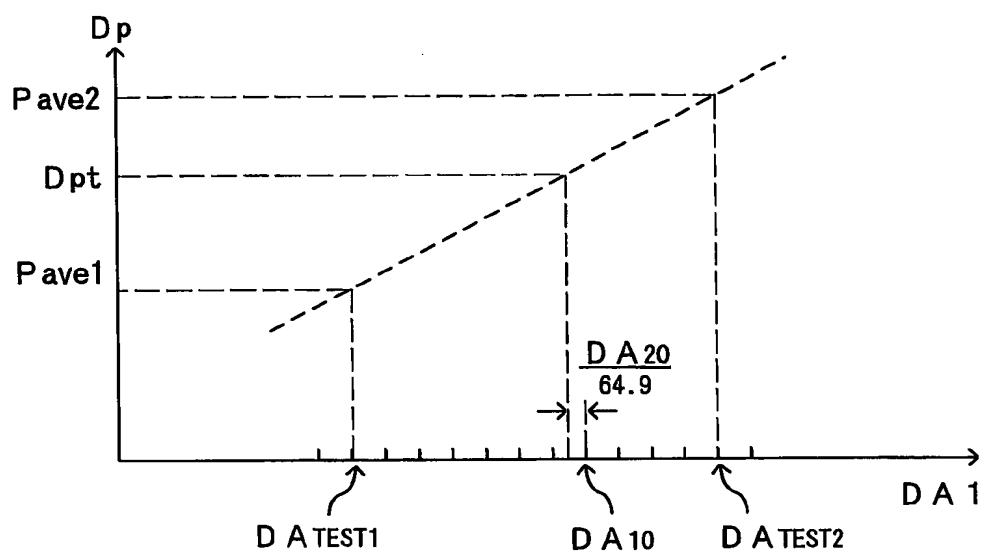
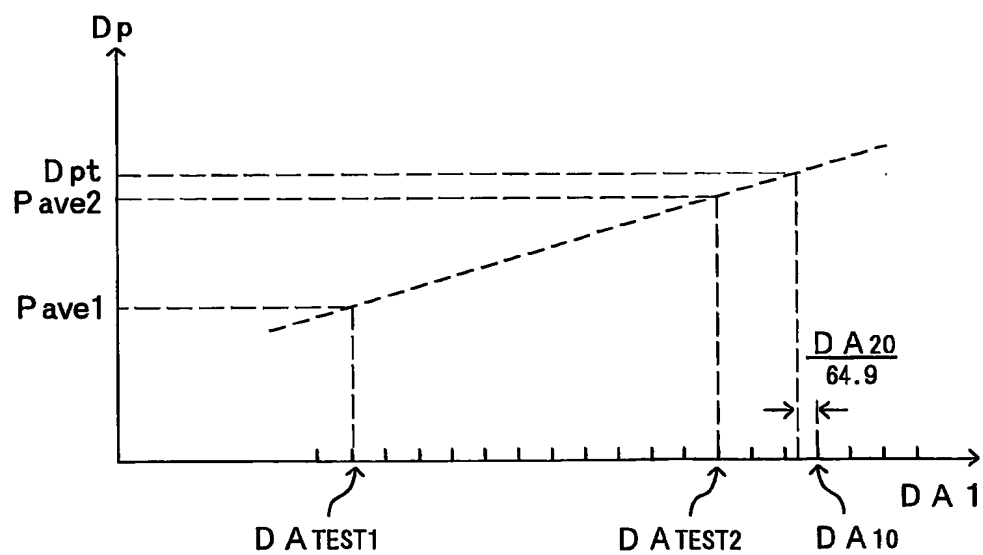
29 / 54

第30図



30/54

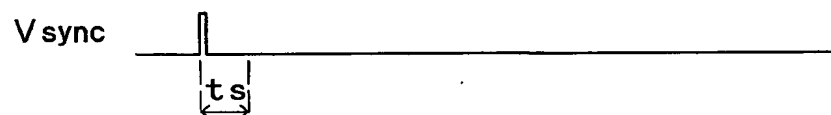
第31図

(a) 内挿による計算 ($P_{ave2} \geq D_{pt}$)(b) 外挿による計算 ($P_{ave2} < D_{pt}$)

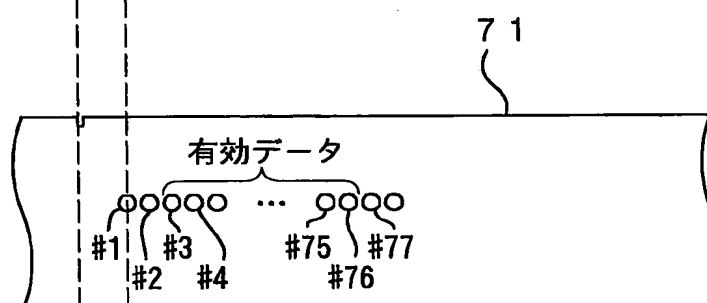
31/54

第32図

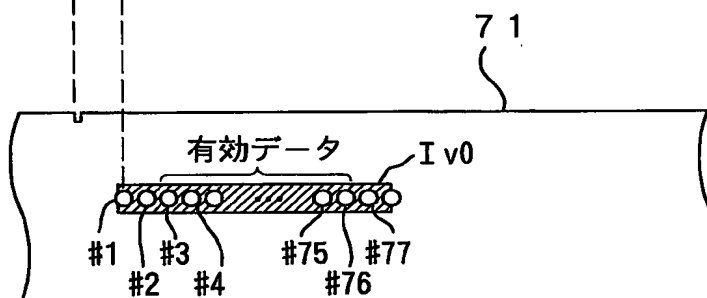
(a)



(b)

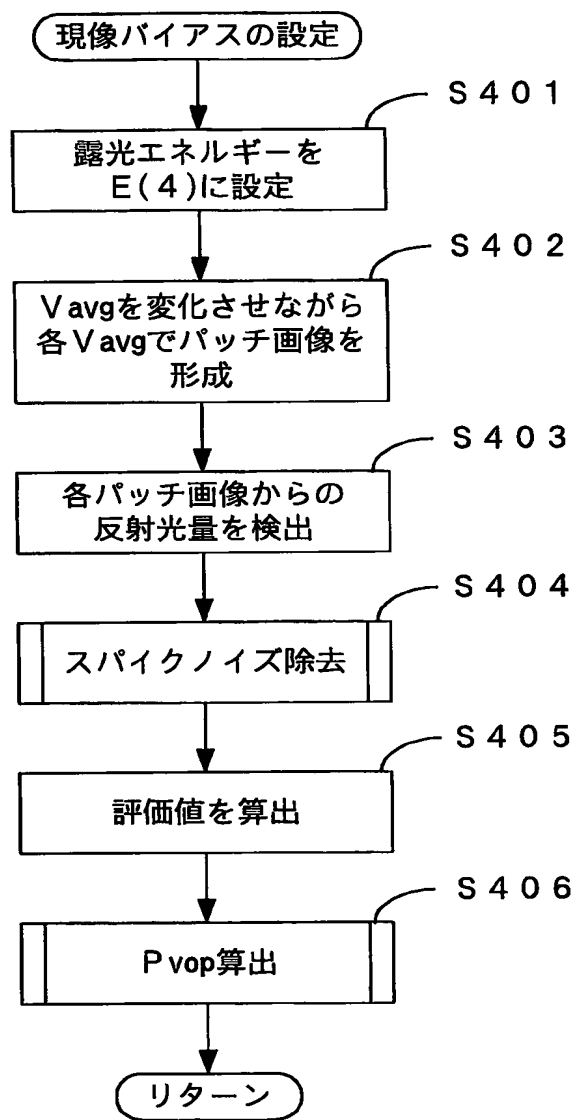


(c)

 $\overleftarrow{d2}$

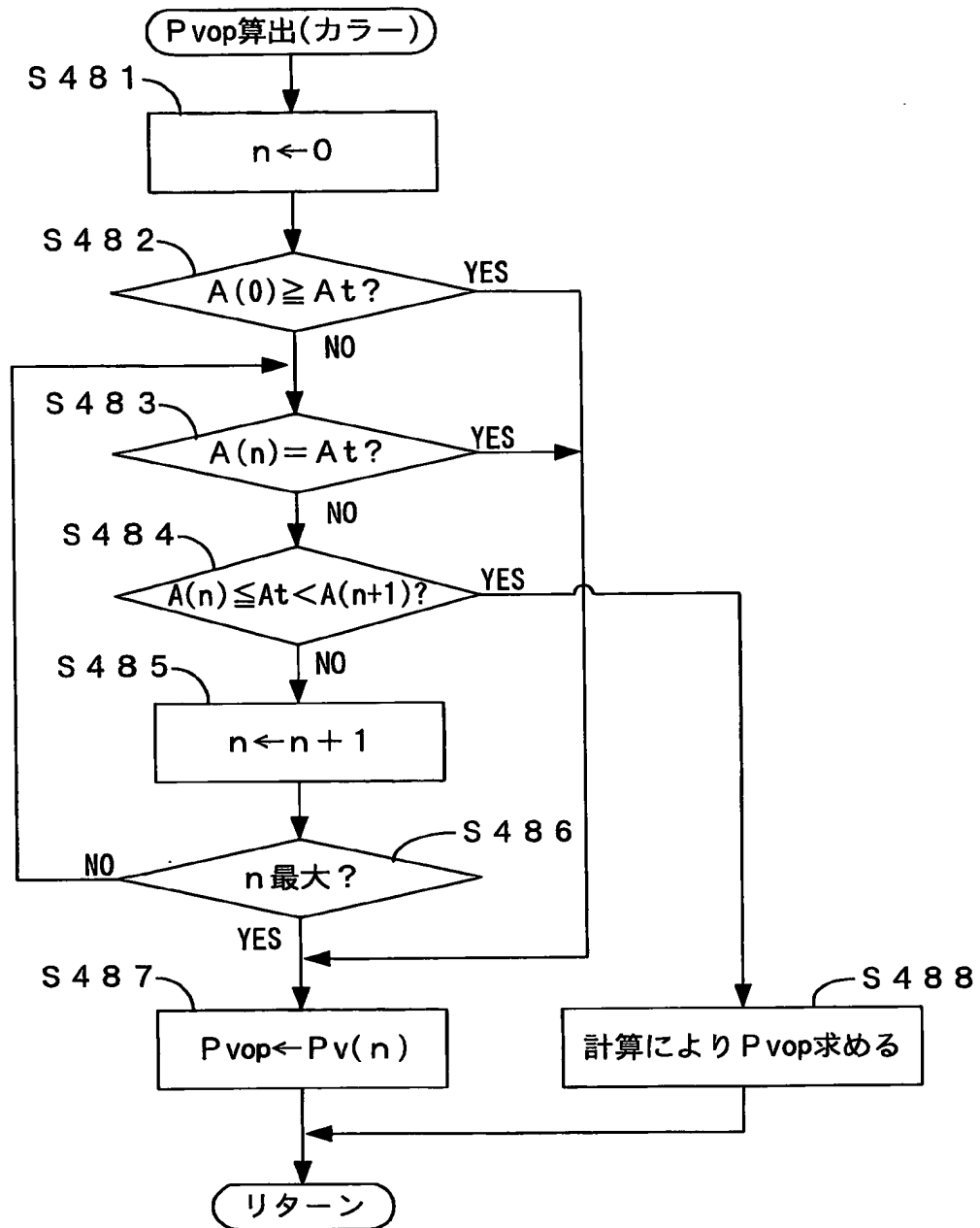
32/54

第33図



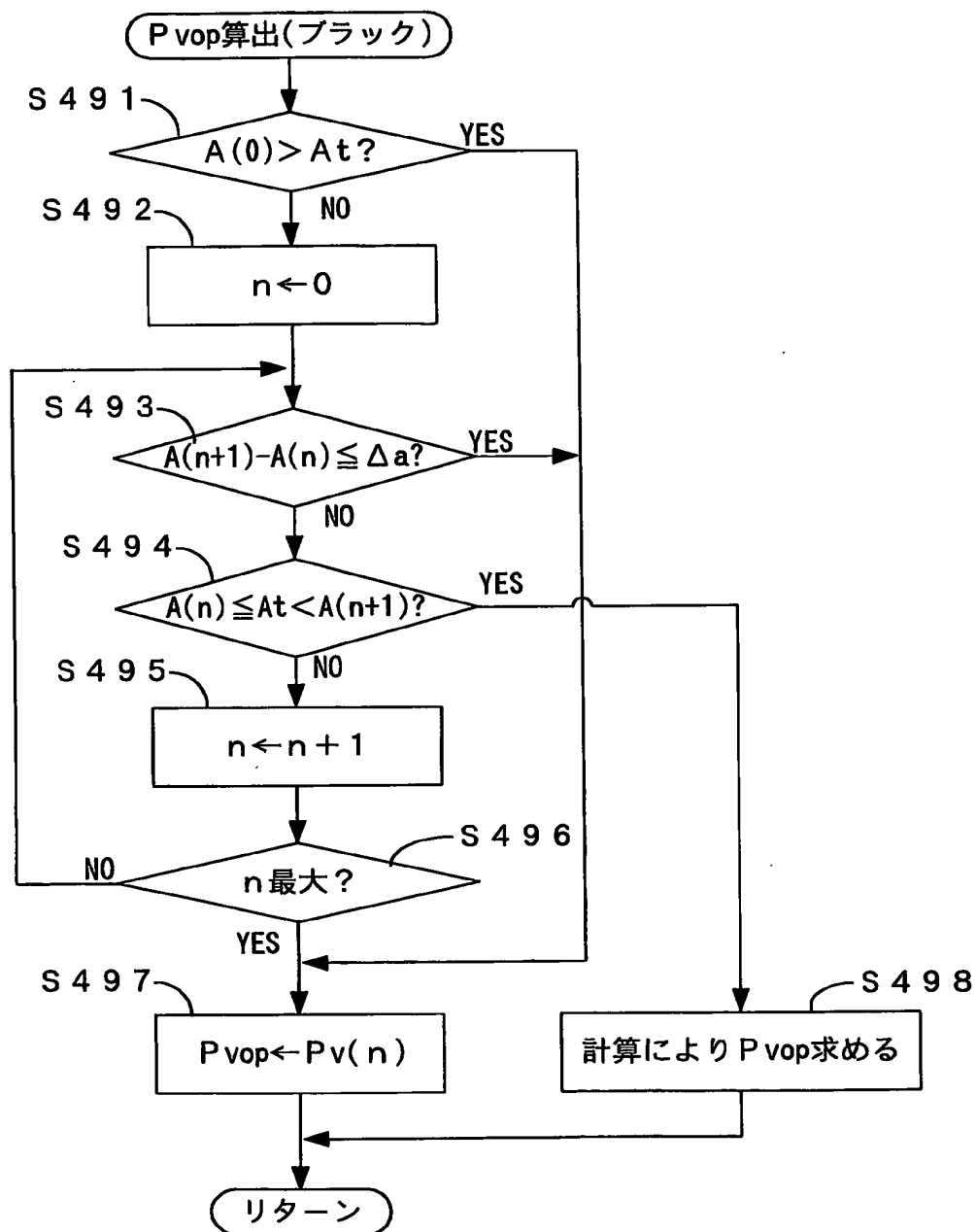
33/54

第34図



34/54

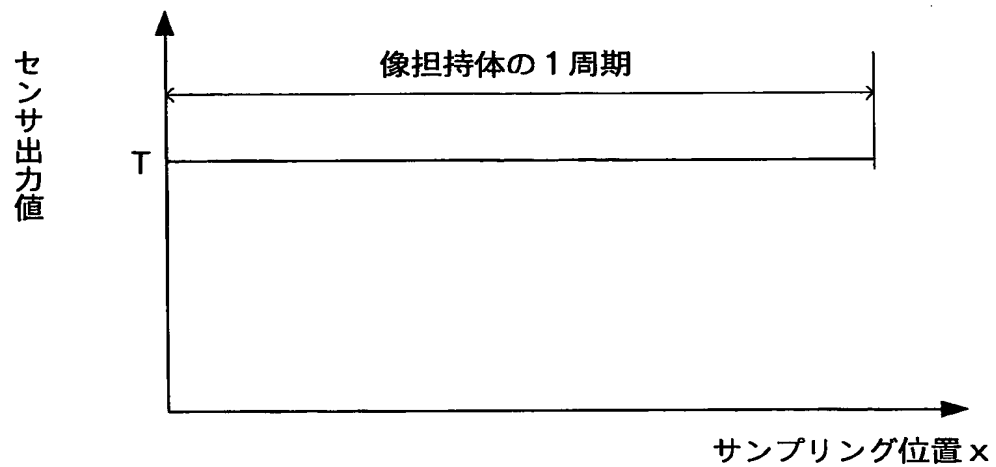
第35図



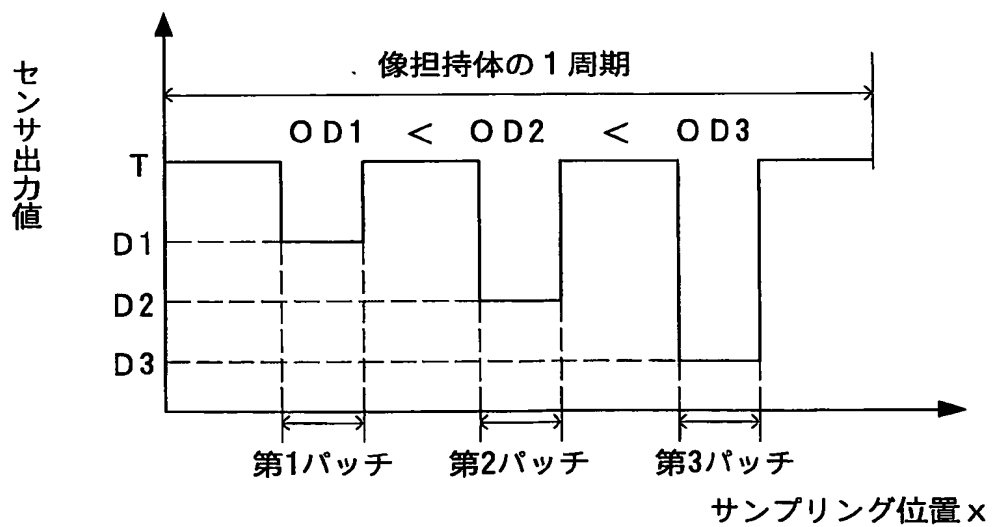
35/54

第36図

(a) パッチ画像の形成前



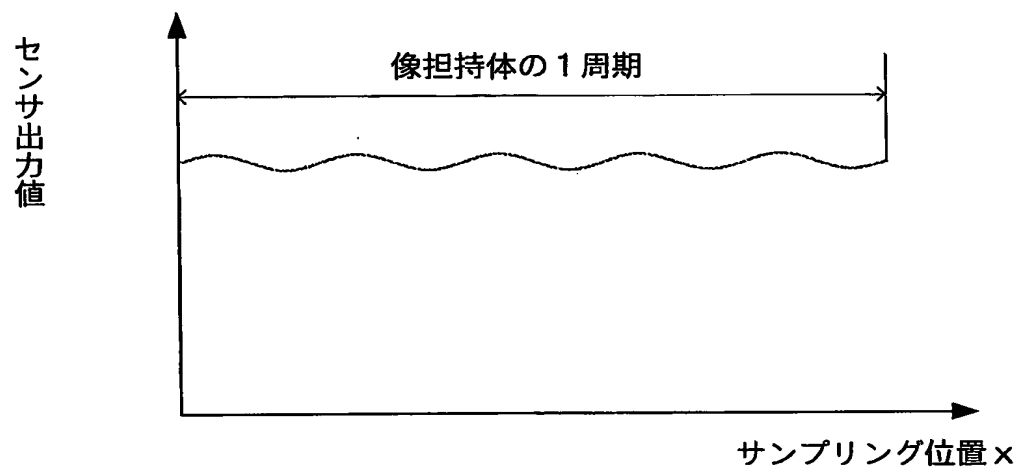
(b) パッチ画像の形成後



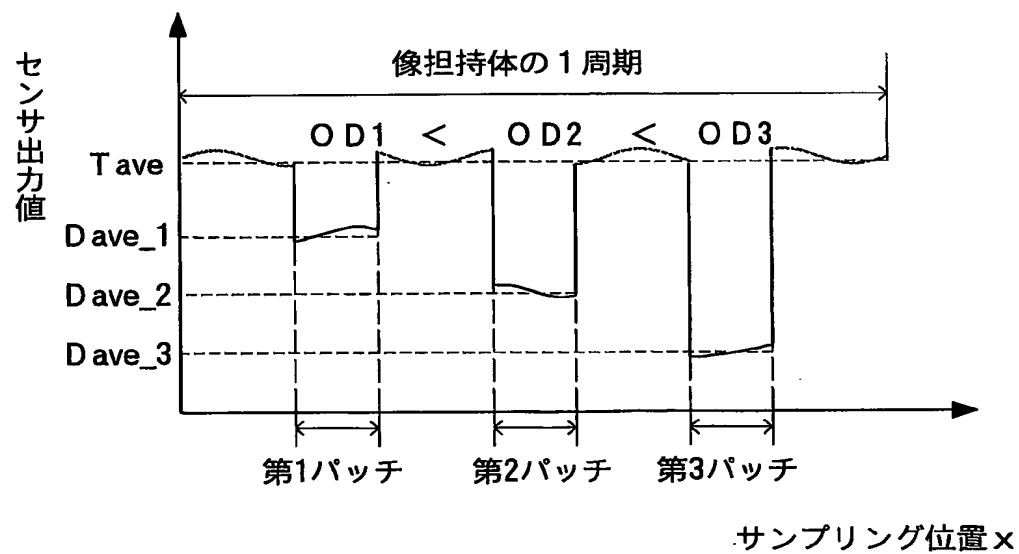
36/54

第37図

(a) パッチ画像の形成前



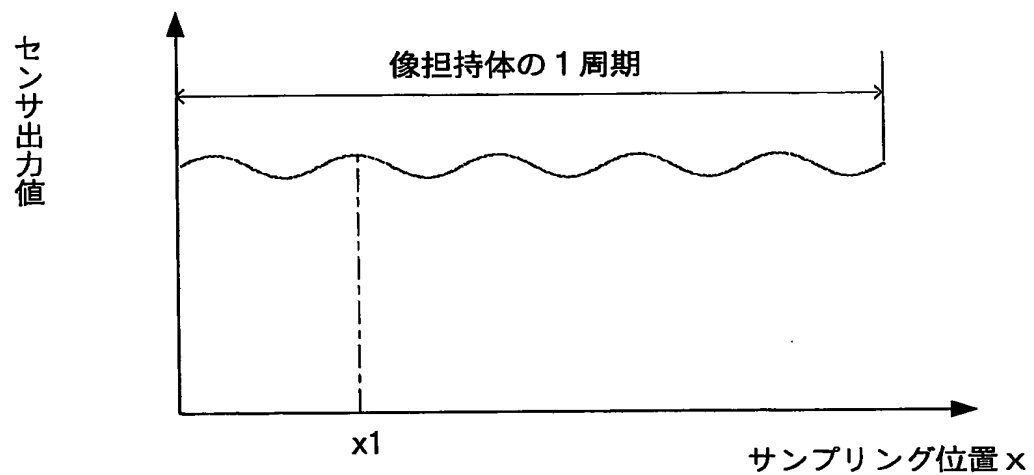
(b) パッチ画像の形成後



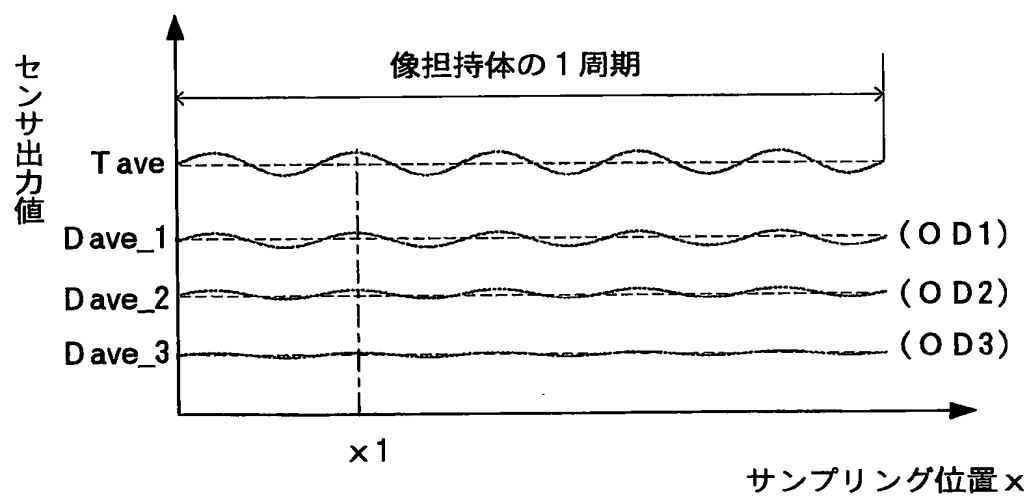
37/54

第38図

(a) 均一濃度画像の形成前

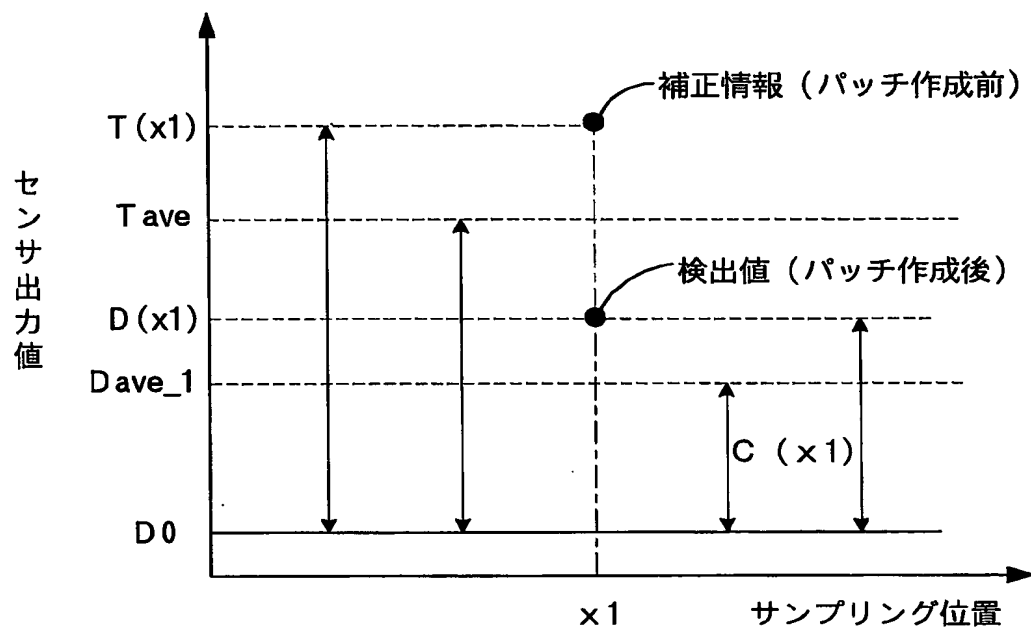


(b) 均一濃度画像の形成後



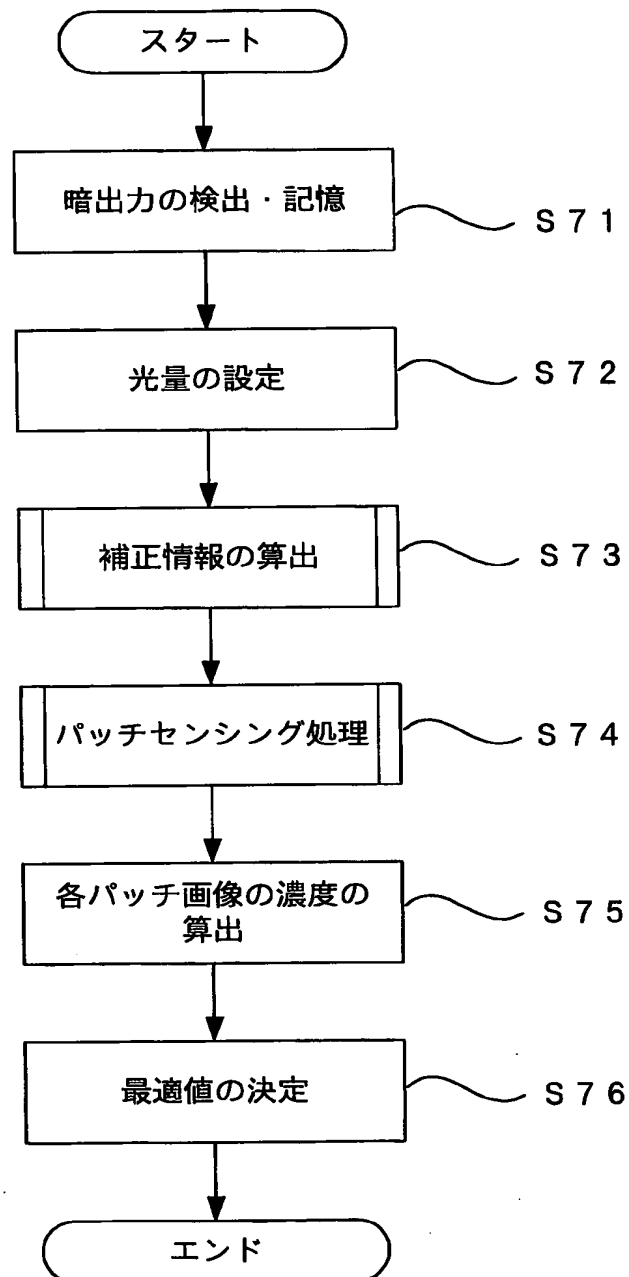
38/54

第39図



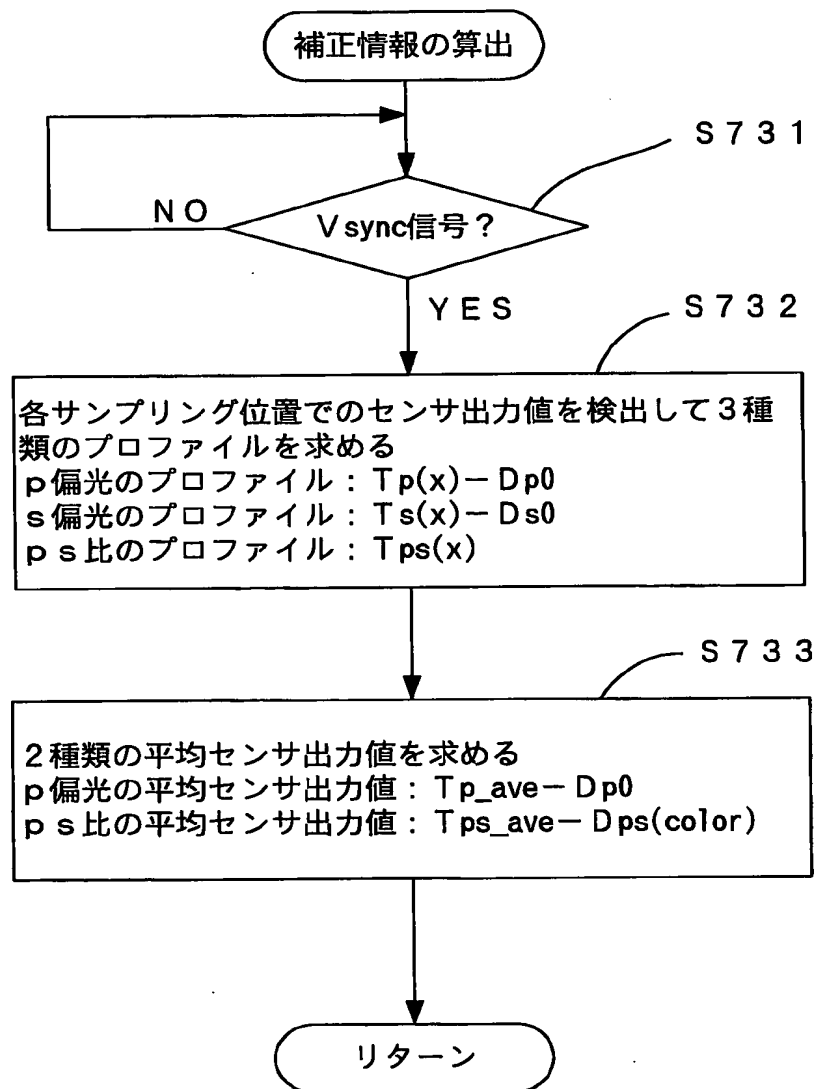
39/54

第40図



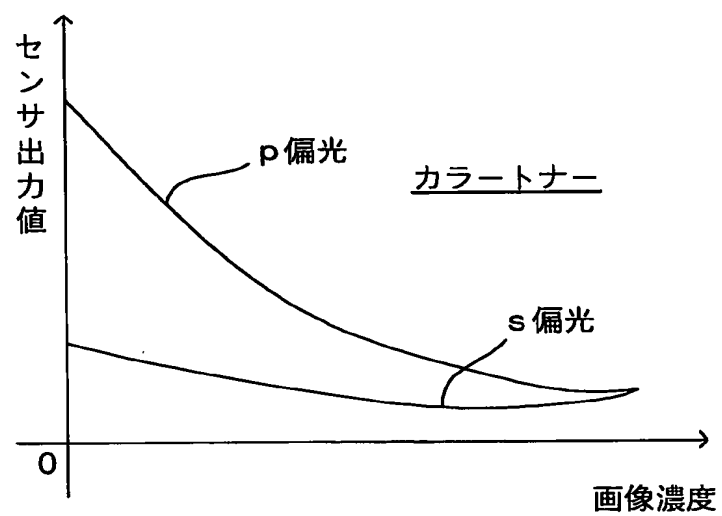
40/54

第41図



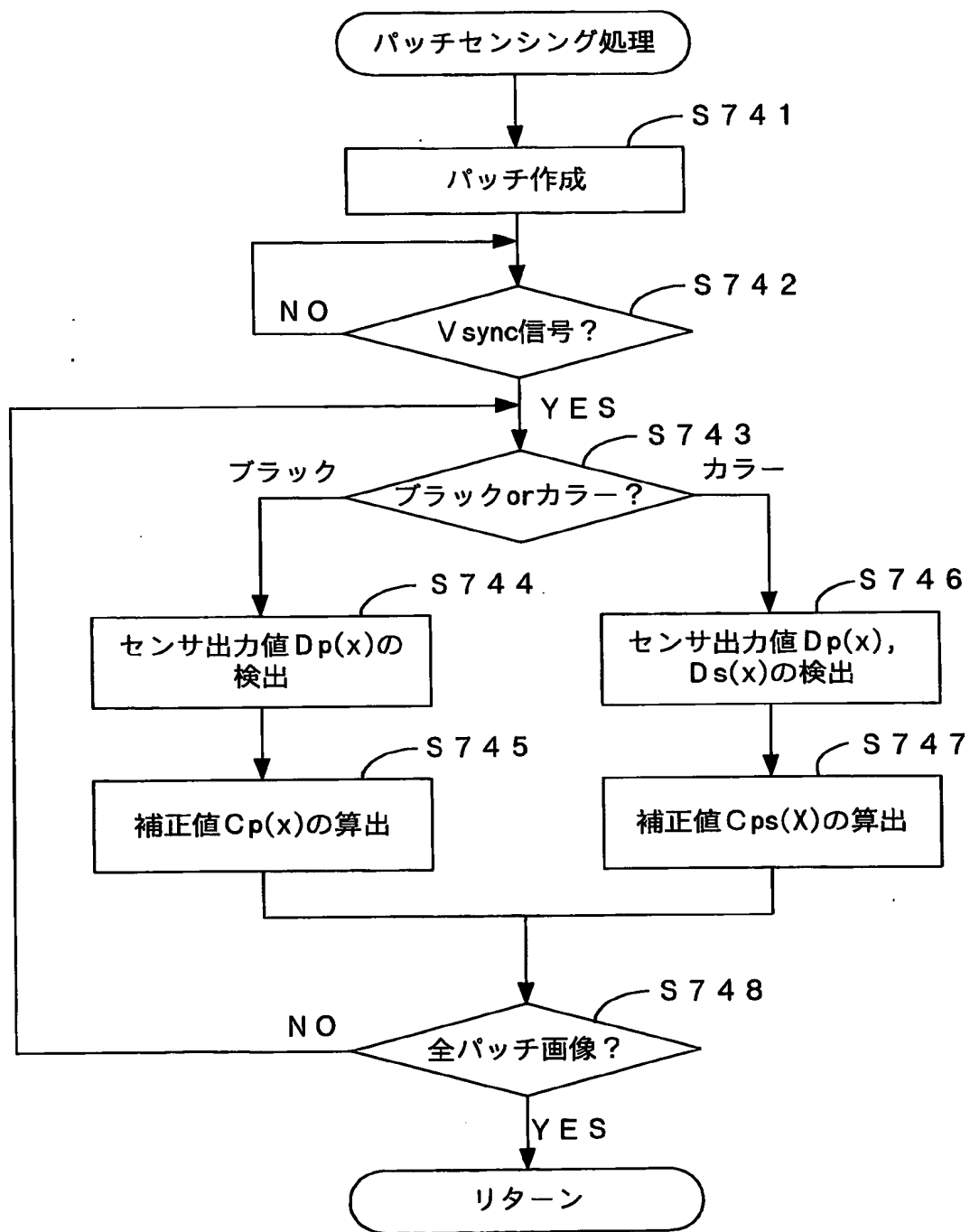
41/54

第42図



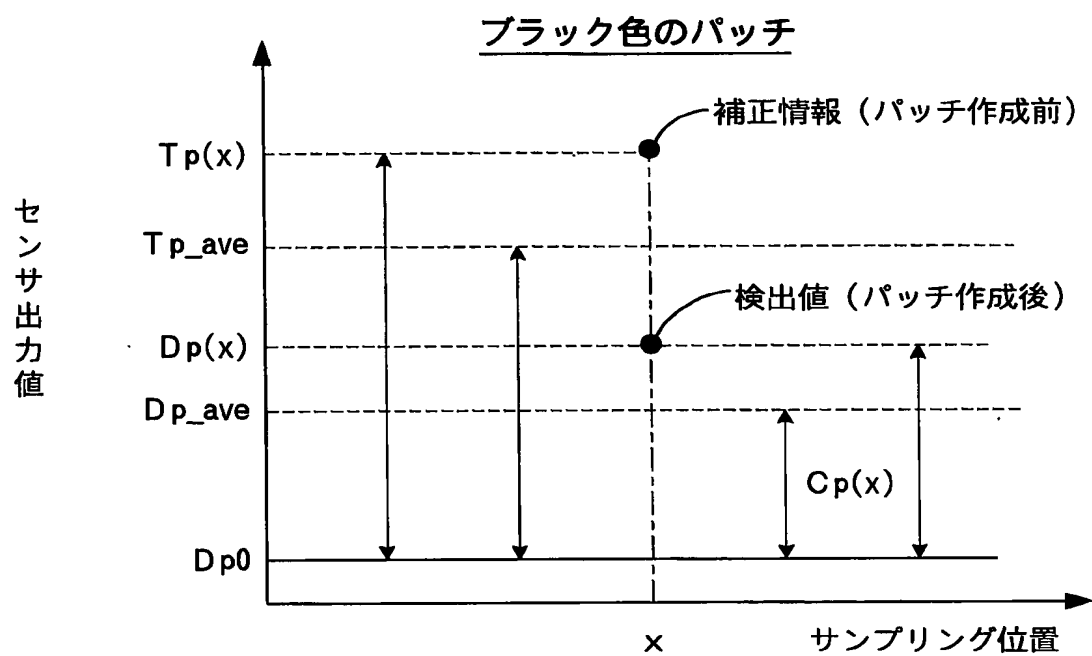
42/54

第43図



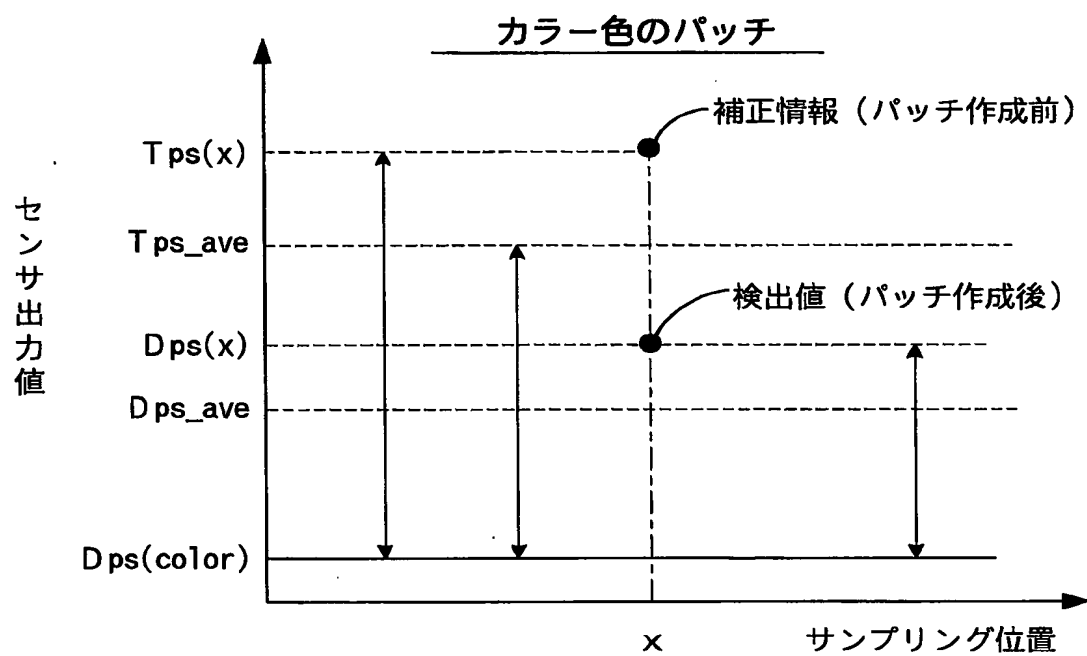
43/54

第44図



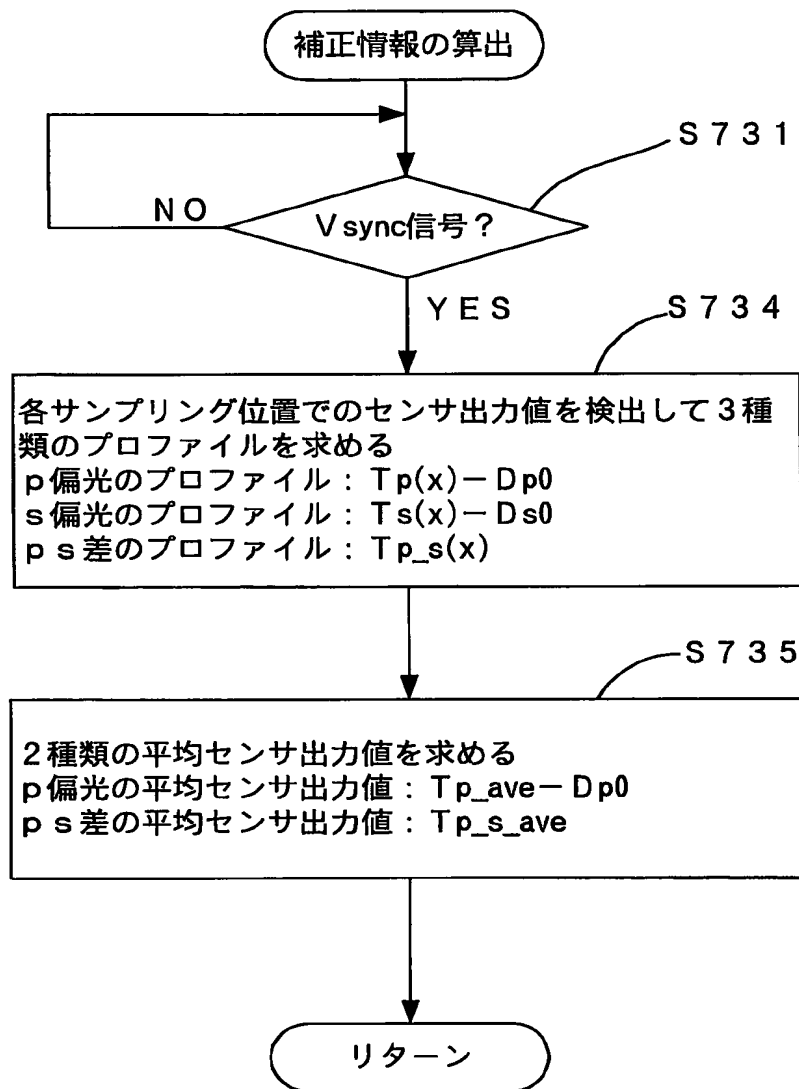
44 / 54

第45図



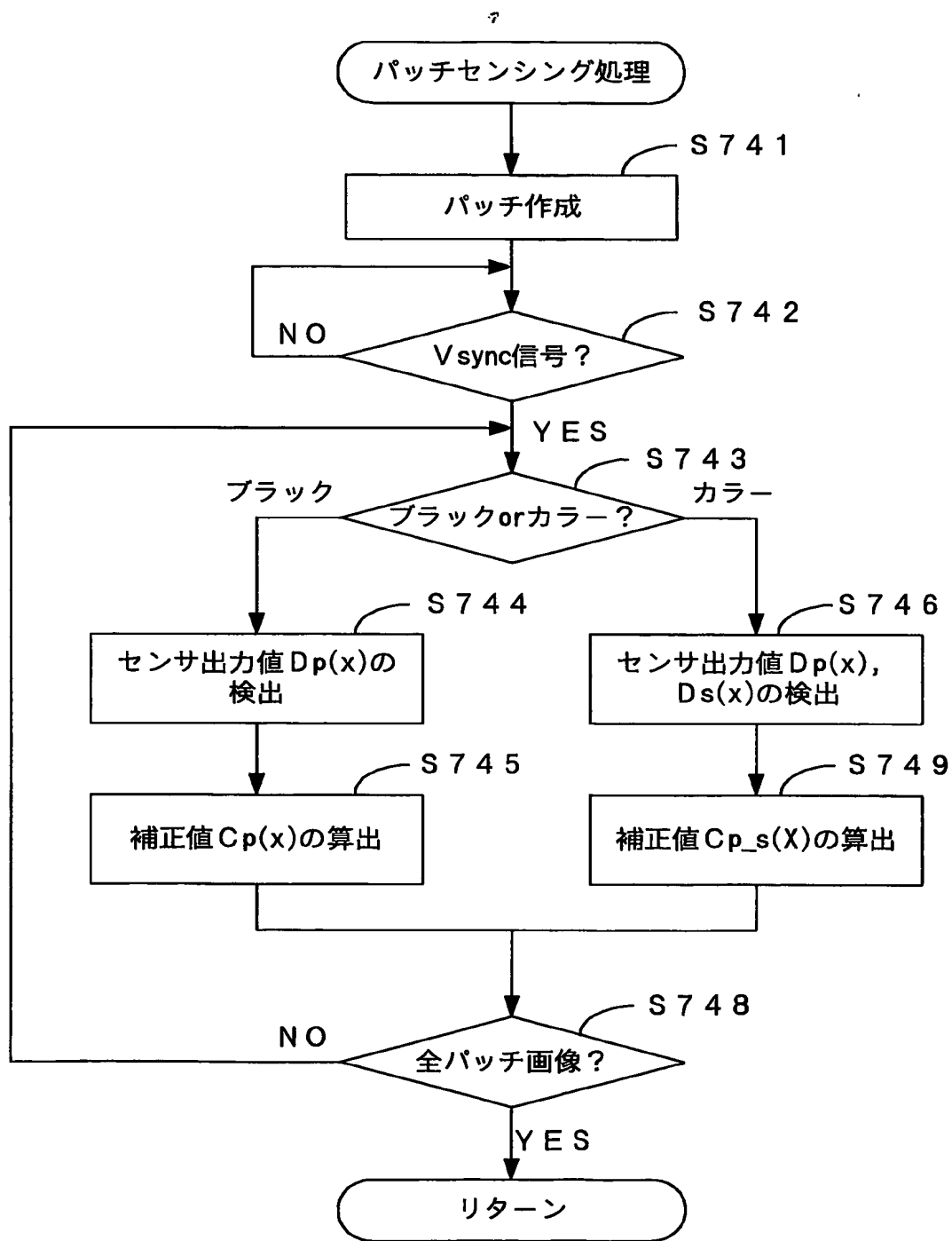
45 / 54

第46図



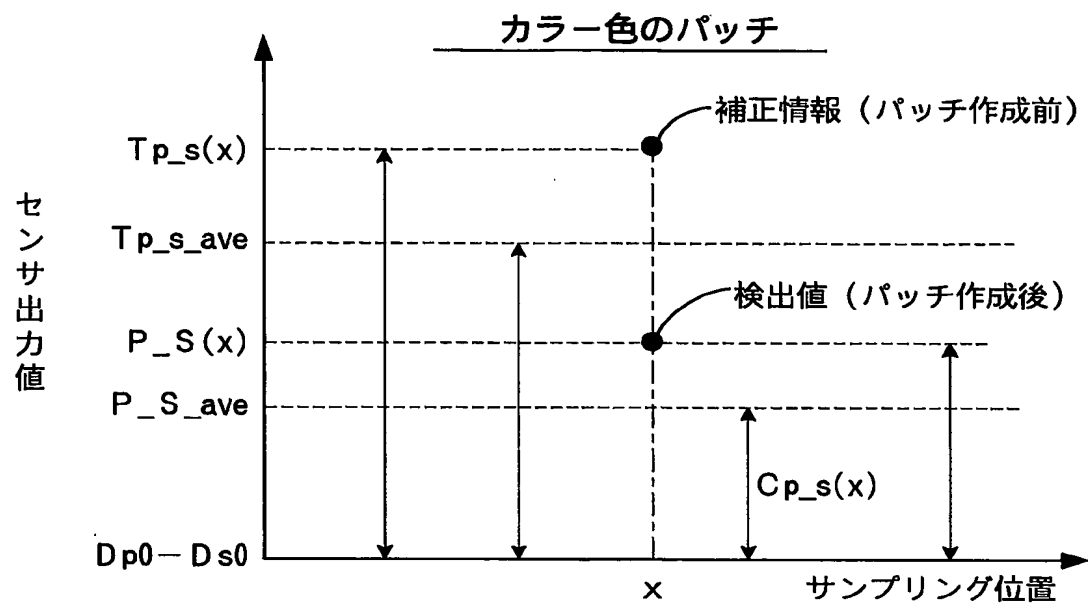
46 / 54

第47図



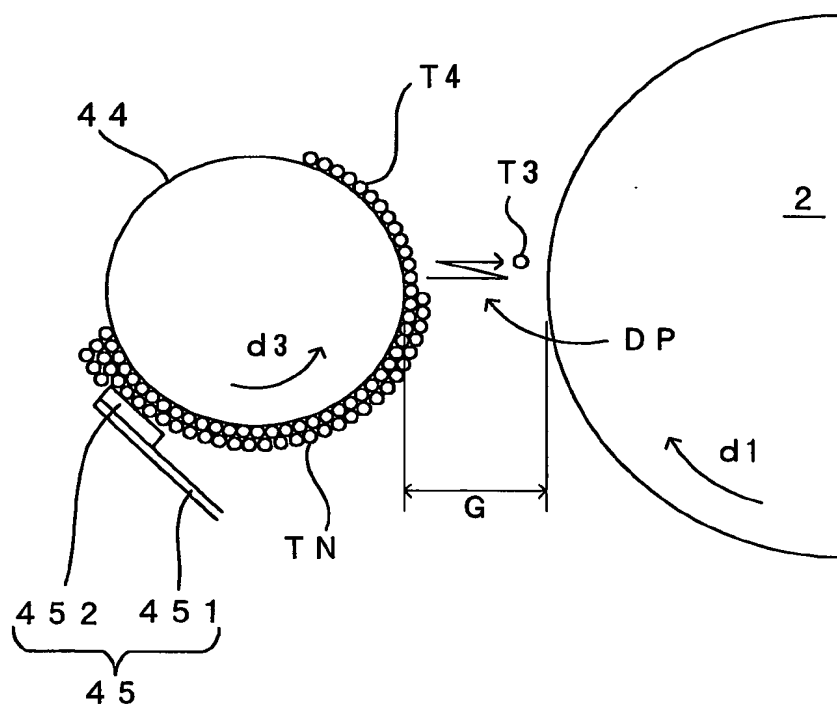
47/54

第48図



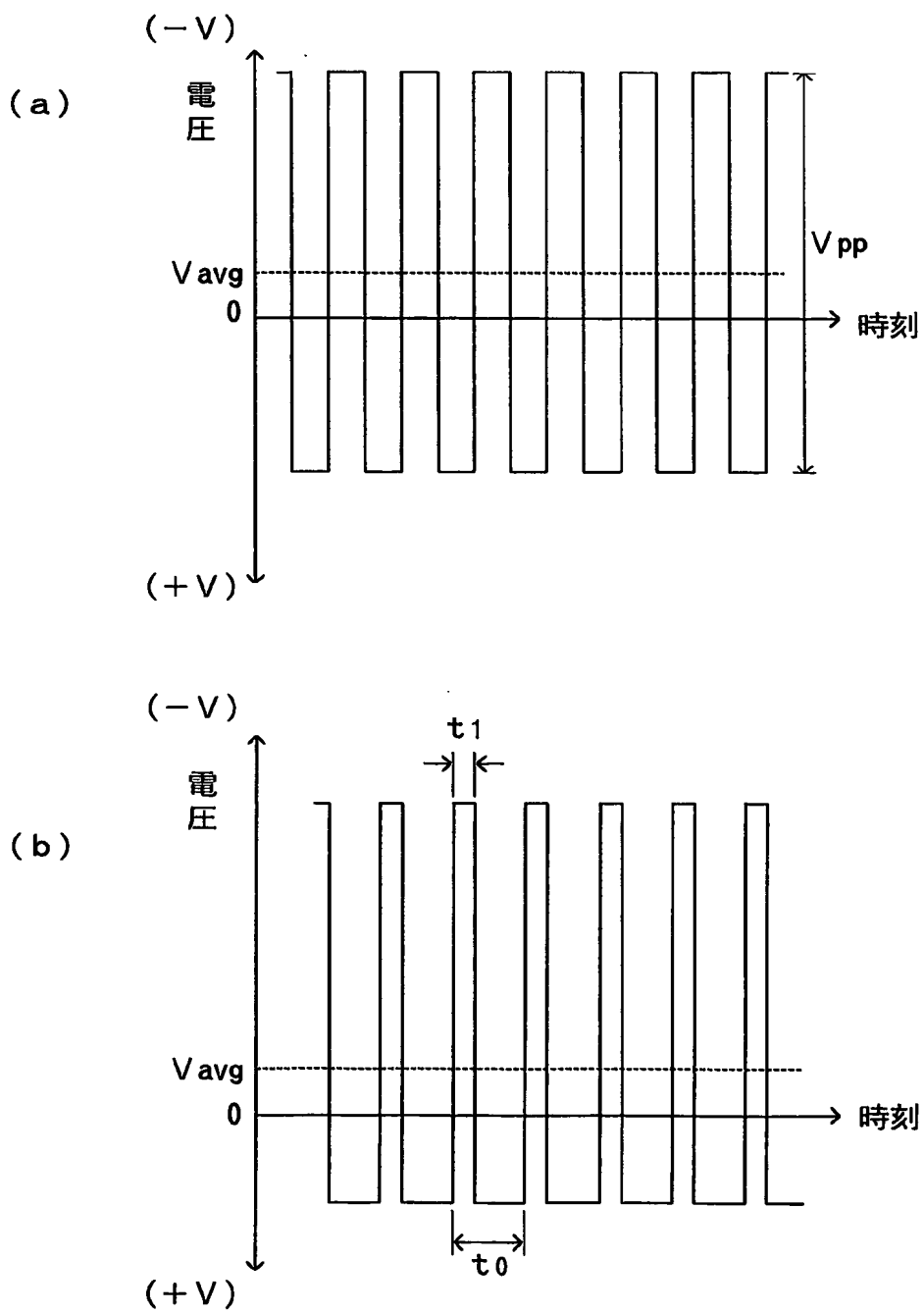
48/54

第49図



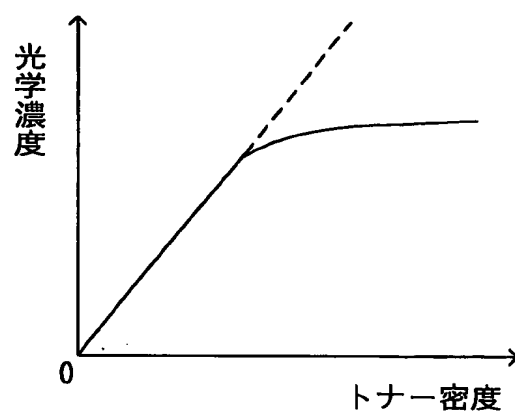
49/54

第50図



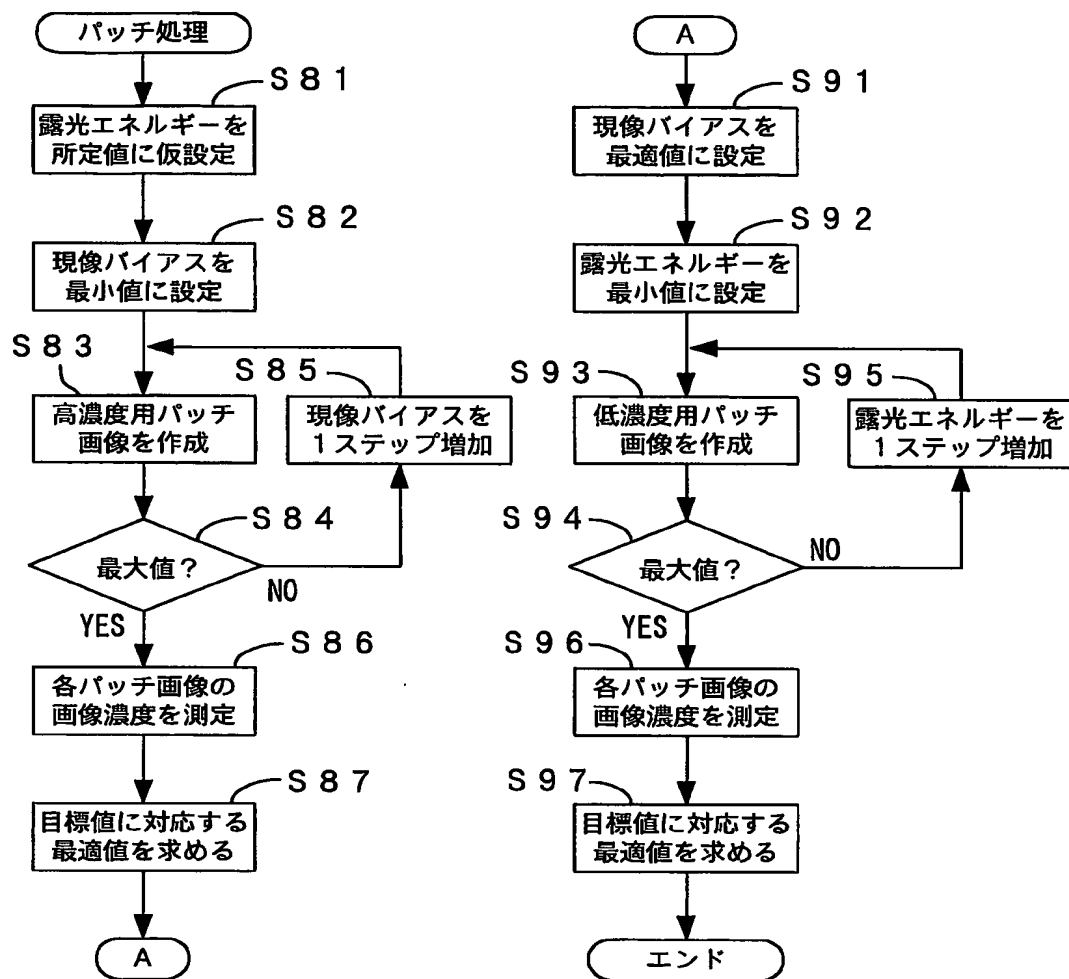
50/54

第51図



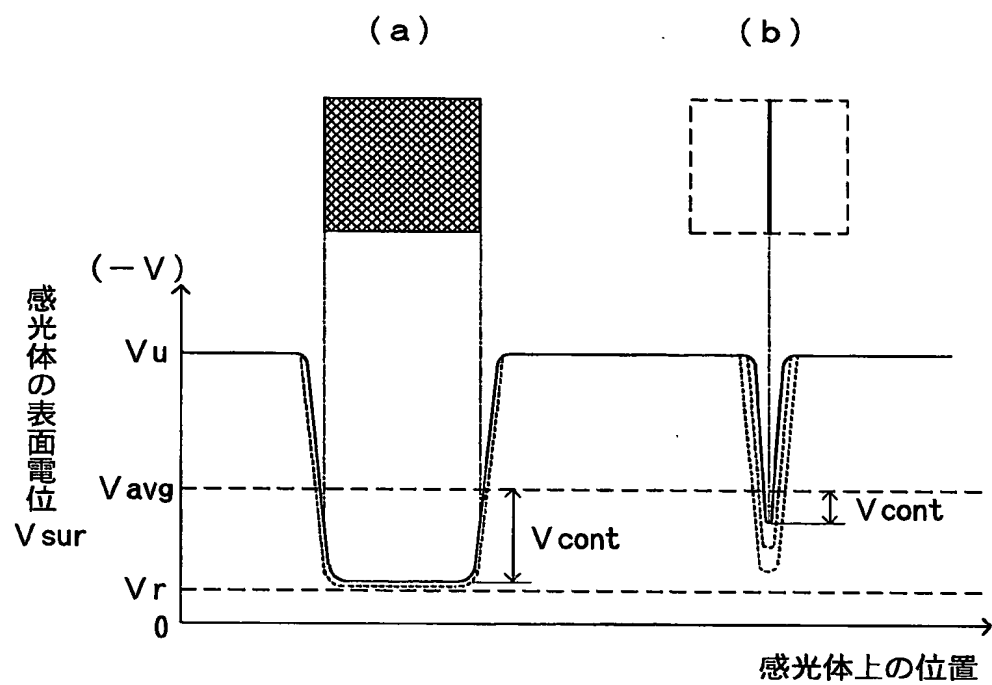
51/54

第52図



52/54

第53図



53/54

第54図

